



Aplicação de Técnicas de Lean Manufacturing na Área de Soldadura na GE Power Controls Portugal

Jorge Santos Cardoso

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professora Dulce Soares Lopes

Orientador na Empresa: Engenheiro Fernando Braga



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Ano lectivo 2009-2010

“Genius is one percent inspiration and ninety-nine percent perspiration.”

Thomas A. Edison (1847-1931)

Resumo

O objectivo principal deste projecto foi a aplicação de técnicas de *Lean Manufacturing* na área de soldadura da GE Power Controls Portugal.

Iniciou-se o presente trabalho com a análise ao fluxo de informação e materiais da fábrica. Para isso utilizou-se uma ferramenta de *Lean*, o *Value Stream Mapping* (VSM). Esta análise permitiu identificar oportunidades de melhoria e determinar os objectivos a atingir.

O projecto desenvolvido dividiu-se essencialmente em duas partes. A primeira fase prendeu-se com o estudo de possíveis melhorias na apresentação de materiais nos postos de soldadura. Isto passou por um trabalho prático na área, com o desenvolvimento de protótipos até se obter uma solução satisfatória. Esta fase incluiu também o estudo de acções a realizar com o objectivo de melhorar o SMED nas máquinas de soldadura e melhorar aspectos ergonómicos.

A segunda parte do projecto foi dedicada à reformulação do supermercado de produto final das soldaduras. A dimensão desajustada do supermercado e o fluxo de materiais na área foram os problemas abordados.

Com este projecto pretende-se um aumento no fluxo de produção, a redução de *Work in Process* e o aumento da flexibilidade da área de soldadura.

Fica reconhecida a importância do *Lean Manufacturing* para as empresas nos dias de hoje e também do papel que todos os colaboradores devem ter nos projectos de melhorias, como forma de motivação e facilidade de implementação.

Application of Lean Manufacturing tools in the Welding Area at GE Power Controls Portugal

Abstract

The main scope of this Project was the application of *Lean Manufacturing* techniques in the welding area at GE Power Controls Portugal

The present work began with the information and materials flow at the factory. The *Value Stream Mapping* (VSM) was the *Lean* tool used to do it. This analysis allowed the identification of improvement opportunities and to determine the goals to achieve.

This work was done in two phases. The first one regarded the study of possible improvements in materials presentation at the welding stations. This was done through some practical work in the area with the development of several prototypes until a good solution was found. This part of the project included also the study of SMED and ergonomic improvements.

The second part of this project was dedicated to redesigning the welding final product supermarket. The problems to solve were the inadequate dimension of it and the materials flow in the area.

The overall benefits of this work are the increase of the production flow, the reduction of *Work in Process* and an increased flexibility of the welding area.

One of the most important conclusions is the recognition of *Lean Manufacturing*'s importance for organizations nowadays and also the role that all collaborators should play in improvements projects as a way to motivate and them and facilitate implementation.

Agradecimentos

O presente trabalho não seria o mesmo sem a participação do grupo de pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a sua elaboração e tornaram esta experiência tão gratificante para mim.

Agradeço em geral a todos os colaboradores da GE Power Controls Portugal pela ajuda, compreensão e boa disposição sempre presentes.

Agradeço em especial ao Engenheiro Fernando Braga pela motivação, apoio e crítica perspicaz, constantes ao longo deste meu percurso. Os imensos conhecimentos que me transmitiu foram valiosos.

Agradeço também à Professora Dulce Soares Lopes pela preocupação e disponibilidade demonstradas.

Aos meus colegas de estágio da Universidade do Minho, obrigado pela amizade e companheirismo.

Agradeço ao grupo General Electric pela oportunidade dada e pelos financiamentos prestados.

Por fim, agradeço aos meus pais, irmã e namorada, por estarem sempre presentes.

Índice de Conteúdos

Glossário	1
1. Introdução.....	3
1.1 Apresentação da Empresa	3
1.2 Contexto da realização do projecto	6
1.3 Temas abordados e sua organização no presente documento	6
2. Estado da Arte	7
2.1 Lean Manufacturing	7
2.2 Os sete desperdícios	7
2.3 Value Stream Mapping	9
2.4 Gestão de <i>stocks</i> e classificação ABC	11
2.5 Single Minute Exchange of Die	12
2.6 Two-bin system.....	13
2.7 Gestão visual	14
2.8 Filosofia Kaizen	15
2.9 Metodologia 5 s	16
3. Situação Inicial na Empresa.....	17
4. Soluções propostas	21
4.1 Apresentação de materiais	21
4.1.1 Desenvolvimento do primeiro protótipo	21
4.1.2 Desenvolvimento do segundo protótipo.....	22
4.1.3 Desenvolvimento do protótipo final	24
4.1.4 Resultados obtidos	26
4.2 Metodologia SMED e melhorias ergonómicas	27
4.2.1 Acções de melhoria de SMED	27
4.2.2 Melhorias ergonómicas.....	29
4.2.3 Resultados obtidos	30
4.3 Dimensionamento e redefinição do supermercado de produto final	32
4.3.1 Introdução.....	32
4.3.2 Desenvolvimento do novo supermercado.....	34
4.3.3 Resultados obtidos	41
4.4 Aplicação da metodologia 5s e da filosofia Kaizen	44
5. Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros	46
Referências	48
ANEXOS A	49
ANEXOS B	60

Índice de Figuras

Figura 1 - Edifício da GEPC Portugal.	3
Figura 2 – Disjuntor (ELCB) de 4 pólos.	3
Figura 3 – Wiring Device.....	3
Figura 4 - Área de produção de componentes metálicos.....	4
Figura 5 - Área de produção de componentes plásticos.....	4
Figura 6 - Área de montagem de WAWD.	4
Figura 7 - Área de produção de conjuntos de soldadura.	5
Figura 8 - Exemplo de um conjunto de soldadura. Este conjunto em particular passa por 8 operações até estar concluído.	5
Figura 9 - Linhas de montagem de ELCBs.	5
Figura 10 - Etapas na elaboração de um VSM (Fonte: João Costa, 2009).....	9
Figura 11 - Exemplo de um VSM (Fonte: Mike Rother e John Shook, 2003).	10
Figura 12 - Funcionamento do sistema two-bin (Fonte: Laurens van Lieshout (2007).	13
Figura 13 - Quadro de registos diários de desempenho da produção de plásticos e metais na GE.....	14
Figura 14 - Acções a favor e contra a filosofia Kaizen (Fonte: adaptado de Martins e Laugeri, 2005).	15
Figura 15 - Ilustração do método 5s (Fonte: François de Villiers, 2008).....	16
Figura 16 - VSM inicial da área de soldadura.	17
Figura 17 - Posto de trabalho na soldadura.....	18
Figura 18 - Movimentações manuais de contentores.	19
Figura 19 - <i>Layout</i> actual da área de soldadura.	19
Figura 20 - Visão <i>Lean</i> da empresa (Documento Interno).	20
Figura 21 - Vista frontal (à esquerda) e vista traseira (à direita) do primeiro protótipo desenvolvido.....	21
Figura 22 – Área de <i>picking</i>	22
Figura 23 - Segundo protótipo desenvolvido.	23
Figura 24 - Pormenor do limitador no final da rampa e da área de <i>picking</i>	23
Figura 25 - Localização do contentor com componentes restantes.	24
Figura 26 - Protótipo final para a apresentação de materiais na soldadura.....	24
Figura 27 - Aspecto final do posto de trabalho com os alimentadores para ambos os componentes a soldar.....	25
Figura 28 - Comando de uma máquina de soldadura.....	26
Figura 29 - Cone de cobre e JIG numa máquina de soldadura. À esquerda evidenciam-se os eléctrodos superior e inferior.....	27
Figura 30 - Máquina com parafusos de aperto rápido em falta.....	28
Figura 31 - Posição de trabalho desadequada na soldadura.....	29

Figura 32 - JIG invertido para simular a nova posição de trabalho.	30
Figura 33 - Peças que compõem parte inferior da máquina.	30
Figura 34 - Supermercado de soldadura.	32
Figura 35 - Área disponível para o supermercado de produto final da soldadura.	34
Figura 36 - Carro protótipo para o supermercado de soldadura.	36
Figura 37 - Distribuição dos carros que compõem o supermercado e respectivas movimentações.	41
Figura 38 - Reabastecimento do carro com conjuntos de soldadura.	42
Figura 39 - Distribuição de contentores pela linha de montagem de ELCB.	42
Figura 40 - VSM final da área de soldadura.	43
Figura 42 - Quadro informativo 5s e de acompanhamento das acções a decorrer.	44
Figura 43 - Resultado da aplicação dos 5s.	45
Figura 44 - Aplicação dos 5s. À esquerda mostra-se o estado inicial e à direita mostra-se a área limpa e livre de equipamentos desnecessários.	45
Figura 45 - Normalização dos lugares das ferramentas. À esquerda mostra-se a falta de local onde colocar as ferramentas. À direita mostram-se as ferramentas organizadas e arrumadas.	45

Índice de Tabelas e Gráficos

Tabela 1 - Dados relativos à situação inicial da soldadura.	18
Tabela 2 - Operações que cada máquina pode efectuar.	26
Tabela 3 - Tempos ciclo médios em três operações com e sem alimentadores.	27
Tabela 4 - Registo do tempo de uma troca de ferramenta.	28
Tabela 5 - Componentes em falta nas máquinas.	29
Tabela 6 - Troca de ferramenta numa máquina totalmente equipada.	31
Tabela 7 - Quantidade de conjuntos de soldadura necessários para cada tipo de ELCB.	32
Tabela 8 - Modelos de ELCB produzidos na fábrica.	33
Tabela 9 - Contentores necessários por modelo para 0.75 dias de <i>stock</i> . A verde estão os conjuntos de magnéticos, a rosa os térmicos e a azul os neutros.	35
Tabela 10 - Dimensões de um contentor e dimensões do carro.	35
Tabela 11 - Divisão de contentores nos carros para modelos bipolares e tetrapolares.	36
Gráfico 1 - Classificação ABC (Fonte: Amarildo Nogueira, 2007).....	11
Gráfico 2 - Análise 80/20 da produção de ELCB.	33
Gráfico 3 - Variação do <i>stock</i> total de magnéticos num dia de produção.	38
Gráfico 4 – Variação do <i>stock</i> de magnéticos no supermercado e do <i>stock</i> destinado aos subcontratos.	38

Gráfico 5 - Variação do <i>stock</i> total de neutros num dia de produção.....	39
Gráfico 6 - Variação do <i>stock</i> de neutros no supermercado e do <i>stock</i> destinado aos subcontratos.	39
Gráfico 7 - Variação do <i>stock</i> total de térmicos num dia de produção.	40
Gráfico 8 - Variação do <i>stock</i> de térmicos no supermercado e do <i>stock</i> destinado aos subcontratos.....	40

Glossário

Bottleneck – Processo em qualquer parte de uma empresa que limita a produção na sua totalidade.

Buffer – Quantidade de um bem mantido em reserva, utilizado para moderar eventuais flutuações do processo ou sistema.

Changeover (setup) – Refere-se às actividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou um novo produto.

Cycle time (CT) – Para uma máquina ou célula representa o tempo de saída de peças consecutivas. É o tempo definido pela mais longa das operações. O tempo de ciclo deve estar em harmonia com o *takt time*.

JIC (just in case) – Sistema de produção que consiste em manter grandes quantidades de *stock*. Esta estratégia visa minimizar a probabilidade de existirem roturas de *stock*, falhas de material ou vendas perdidas.

JIT (just in time) – Sistema de produção que só produz o que o cliente quer, quando o cliente quer e na quantidade desejada, usando o mínimo de recursos de material, mão-de-obra e equipamentos.

Lead time – tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço. É um tempo composto pelo tempo útil (ex. tempo de processamento) e o tempo não produtivo (ex. avarias, armazenamento, transportes e *changeovers*).

Make to order (MTO) – Processo produtivo activado pela colocação de uma ordem por parte do cliente. Implica a não posse de *stock* de produto acabado.

Make to Stock (MTS) – Actividades de produção de produtos destinados a armazenamento. Esses produtos podem depois ser rapidamente entregues ao cliente.

Muda – Palavra japonesa para “desperdício”. É qualquer actividade que aumenta os custos sem adicionar valor ao produto.

One piece flow – Método de produção em que os componentes são produzidos e passados para o processo seguinte, um de cada vez.

Push – Sistema de produção em que o *output* de uma operação, área ou processo é empurrado para o seguinte, independentemente de ser ou não necessário naquele instante.

SAP – Software de gestão empresarial.

Single Minute Exchange of Die (SMED) – método que leva à rápida mudança de ferramenta (*changeover*). O método SMED foi inicialmente proposto e desenvolvido por Shigeo Shingo.

Takt time – Palavra de origem Alemã que significa batuta. É um tempo de ciclo definido de acordo com a procura. Se a procura aumenta, o *takt time* terá de diminuir e vice-versa.

Touch time (TT) – Tempo de processamento em que o produto está efectivamente a ser trabalhado e lhe está a ser acrescentado valor.

Toyota production system (TPS) – Metodologia que resultou de mais de 50 anos de aplicação da filosofia *Kaizen* na Toyota.

Waterspider (Mizusumashi) – No âmbito do *Lean Manufacturing* refere-se a um operador de abastecimento (interno) que fornece materiais aos diversos pontos de trabalho. Os operadores seguem rotas normalizadas com quantidades a abastecer e horários bem definidos.

Work in process (WIP) – Material de inventário que está correntemente a ser utilizado/trabalhado. Isto inclui materiais associados a ordens em espera, ordens paradas devido à necessidade de setups nos equipamentos e materiais a serem processados.

1. Introdução

1.1 Apresentação da Empresa

A *General Electric Power Controls Portugal*, situada em Vila Nova de Gaia, é uma das muitas empresas que compõem a *General Electric Company*. Desde 1892, resultante da fusão da *Edison Electric Light Company* (fundada por Thomas Edison) com a *Thomson-Houston Electric Company*, a GE tornou-se uma empresa de sucesso e de referência em todo o mundo. Com mais de 100 organizações e perto de 300,000 empregados por todo o mundo, está presente em áreas desde as finanças aos *media*, passando pela energia, saúde, transportes e tecnologia.

A empresa em Portugal, com cerca de 200 colaboradores, faz parte de *GE Energy* e dedica-se à produção de material eléctrico, nomeadamente de aparelhos de corte e protecção residenciais e industriais, aparelhos de controlo e quadros eléctricos. Actualmente, a produção de ELCBs (disjuntores) representa aproximadamente 80% da facturação da empresa e os restantes 20% devem-se aos *Wiring Devices* (WD) e *Wiring Accessories* (WA).



Figura 1 - Edifício da GEPC Portugal.



Figura 2 – Disjuntor (ELCB) de 4 pólos.

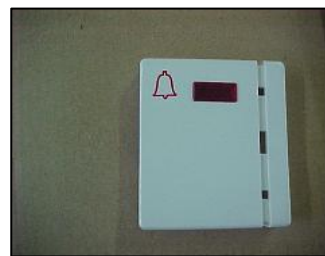


Figura 3 – Wiring Device.

A fábrica está dividida em cinco áreas, descritas de seguida (GEPC 2004).



Figura 4 - Área de produção de componentes metálicos.

Metais: Nesta secção produzem-se os componentes metálicos utilizados nos produtos finais quer de ELCBs, quer de WA/WD. É composta por equipamentos de dobragem, cravagem e prensas mecânicas.



Figura 5 - Área de produção de componentes plásticos.

Plásticos: Aqui produzem-se componentes para os mesmos fins que os da área de metais e ainda alguns componentes considerados produto final. Esta área é composta por máquinas de injeção e compressão de plásticos, bem como de equipamentos para operações de acabamento, mais propriamente a rebarbagem.



Figura 6 - Área de montagem de WA/WD.

WA/WD: Esta zona dedica-se à montagem de tomadas, acessórios, botões e todos os *wiring devices* e *accessories* restantes.



Figura 7 - Área de produção de conjuntos de soldadura.

Soldadura: É nesta área que incide este estágio na GE e será tratada aqui com mais algum pormenor. A área é composta por doze máquinas de soldadura por brasagem que produzem os conjuntos a serem montados nos disjuntores na área de ELCB e por uma máquina automática de corte de rolos de tranças. Cada disjuntor incorpora três ou mais conjuntos provenientes desta área, passando cada conjunto por 2 a 9 operações até estar concluído.



Figura 8 - Exemplo de um conjunto de soldadura. Este conjunto em particular passa por 8 operações até estar concluído.

Existem três tipos diferentes de conjuntos de soldadura: térmicos, neutros e magnéticos. Cada um deles pode variar dependendo do aparelho a que se destina, sendo as características que o determinam o número de pólos do aparelho (podem ser bipolares – 2P ou tetrapolares – 4P), o tipo (pode ser S – selectivo, AC – diferencial ou ND – não diferencial) e o calibre (regulação de corrente desde 5A até 90A).

A produção desta área é “puxada” pelas necessidades das linhas de montagem de ELCB.



Figura 9 - Linhas de montagem de ELCBs.

Linhas de montagem de ELCBs: Nesta área existem cinco linhas de montagem de ELCBs com dez postos cada uma. Os ELCBs dividem-se em duas famílias principais – os bipolares e os tetrapolares.

1.2 Contexto da realização do projecto

A GE Power Controls Portugal, como parte de uma empresa multi-nacional, tem de apresentar resultados ao longo do ano que demonstrem melhorias efectivas em todas as suas áreas de actividade e demonstrar a sua capacidade de concorrer no mercado nacional e internacional com as empresas que trabalham no mesmo sector.

Assim, após uma recente mudança de toda a sua estrutura produtiva para apenas um edifício, a GE PC Portugal reduziu os custos fixos associados à sua antiga disposição, de forma a responder às exigências actuais. Com esta mudança geraram-se várias oportunidades de aplicação das técnicas de *Lean Manufacturing* em todas as áreas da fábrica.

As melhorias alcançadas recentemente valeram à empresa o reconhecimento dentro do grupo GE e foi atribuído à fábrica um prémio monetário, resultado da aplicação das técnicas de *Lean Manufacturing*. O presente projecto está incluído numa série de projectos a realizar no âmbito das acções de *Lean* que decorrem continuamente na empresa, de acordo com a visão existente para os objectivos futuros.

1.3 Temas abordados e sua organização no presente documento

Este documento está organizado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo faz-se a apresentação da empresa, com uma referência histórica e apresentação do mercado em que actua. De seguida apresentam-se as várias secções da fábrica.

O segundo capítulo é dedicado ao enquadramento teórico, resultado da pesquisa bibliográfica das ferramentas e conceitos que foram necessários para a execução deste projecto.

No terceiro capítulo faz-se uma análise da situação inicial na empresa, que representa o período de adaptação e de recolha da informação necessária para enquadrar o estágio no ambiente da empresa e com os objectivos a atingir.

A pormenorização dos problemas abordados, bem como as soluções propostas para os mesmos e análise aos resultados obtidos é feita no quarto capítulo. A ordem apresentada neste capítulo foi a ordem cronológica da abordagem aos problemas durante o estágio.

Por fim, no capítulo cinco retiram-se as conclusões do trabalho desenvolvido e analisam-se os possíveis trabalhos futuros a realizar na área focada, de acordo com a visão da empresa do rumo a seguir no seu caminho de melhoria contínua.

2. Estado da Arte

2.1 Lean Manufacturing

De acordo com o autor de *Lean Thinking*, James Womack (2003), a procura sistemática de oportunidades para eliminar desperdícios e para a criação de valor define bem o *Lean Manufacturing* (ou apenas *Lean*), um dos mais bem sucedidos modelos de gestão conhecidos actualmente. Para além da sua corrente aplicação na indústria, pode ser aplicado a todo o tipo de actividade económica.

Um exemplo de sucesso da aplicação destas técnicas é a Toyota Motors Corporation, que em 2007 ultrapassou a General Motors como a maior empresa do sector automóvel.

Os princípios fundamentais em *Lean* são:

- Procura por zero defeitos, revelando e resolvendo os problemas na fonte;
- Minimizar o desperdício eliminando actividades que não adicionam valor ao produto;
- Melhorar continuamente reduzindo custos, apostando na qualidade e aumentando a produtividade;
- Implementar o sistema *pull*, puxando a produção a partir dos pedidos de clientes e não produzindo para previsões;
- Apostar na flexibilidade, produzindo maior diversidade de produtos rapidamente sem sacrificar a eficiência;
- Construir e manter uma boa e duradoura relação com fornecedores e subcontratos através da partilha de riscos, de custos e informação.

Lean é basicamente fazer chegar as coisas certas ao sítio certo, à hora certa e na quantidade certa, enquanto se minimiza o desperdício, se é flexível e aberto à mudança. (François de Villiers, 2008).

2.2 Os sete desperdícios

Desperdício refere-se a todas as actividades que não acrescentam valor ao produto final. Todas as acções, materiais e processos que o cliente não reconheça como úteis, são desperdício e estima-se que 95% do *lead time* de produção corresponde a tempo gasto nesse tipo de desperdícios.

Os japoneses chamam a todas estas actividades *muda*, porque consomem tempo e recursos que acabam por aumentar o preço final dos produtos. Quando outros conseguem maior redução no desperdício, podem oferecer pelo mesmo preço produtos com maior valor.

Sendo assim, é importante identificar os tipos de desperdício mais importantes para se poder actuar com vista à sua redução/eliminação. As sete categorias mais conhecidas foram identificadas por Taiichi Ohno (1988) e Shigeo Shingo (1983) como sendo:

1. **Excesso de produção** – é o oposto de produção JIT, ou seja, produzir mais do que é necessário, o que leva a inúmeros tipos de desperdício, como por exemplo:
 - a. Ocupação desnecessária de recursos;
 - b. Consumos de materiais e energia sem retorno para a empresa;
 - c. Aumento de *stocks*;
 - d. Ausência de flexibilidade.

2. **Esperas** – Referem-se ao tempo que as pessoas ou equipamentos perdem à espera de algo. As causas mais comuns são:
 - a. Avarias, defeitos de qualidade ou acidentes;
 - b. Problemas de *layout*;
 - c. Atrasos nas entregas dos fornecedores;
 - d. Capacidade não balanceada ou sincronizada com a procura;
 - e. Grandes lotes de produção.

3. **Transporte e movimentações** – *Transporte é qualquer movimentação ou transferência de materiais, partes montadas ou peças acabadas, de um sítio para o outro por alguma razão* (João Paulo Pinto, 2008). Os sistemas de transporte ocupam espaço, acrescem aos custos e aumentam o tempo de fabrico. Como eliminar todo o tipo de transporte é praticamente impossível, deve-se reduzir distâncias, otimizar *layouts* e eliminar *stocks*.

4. **Sobre-processamento** – Refere-se a operações e processos que não são necessários. As principais causas para a ocorrência deste tipo de desperdício são instruções de trabalho pouco claras, requisitos dos clientes não definidos e especificações de qualidade mais rigorosas que o necessário.

5. **Stocks** – *Stocks* implicam a presença de materiais parados por um determinado tempo, implicando elevados custos. As causas mais comuns dos *stocks* são:
 - a. Fraco *layout* dos equipamentos, o que origina armazenamentos;
 - b. Elevados tempos de *changeover*;
 - c. Existência de *bottlenecks*;
 - d. Produção JIC;
 - e. Problemas de qualidade (defeitos, controlo e inspecção);
 - f. Processos a trabalhar a diferentes ritmos/velocidades.

6. **Defeitos** – Desperdício devido a problemas de qualidade aos quais se associam custos de inspecção e retrabalho. Quando os defeitos ocorrem em demasia, as queixas dos clientes aumentam e os *stocks* aumentam também para compensar as peças com defeito produzidas. Em consequência, a produtividade diminui e os custos aumentam.
7. **Trabalho desnecessário** – Qualquer movimento que não é realmente necessário para executar operações é considerado desperdício. As causas mais usuais são a falta de formação e treino das pessoas, instabilidade nas operações, desmotivação dos colaboradores ou incorrecta disposição dos equipamentos.

2.3 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma representação de todas as actividades (quer de valor acrescentado quer de valor não acrescentado) necessárias para trazer um produto até ao consumidor, desde os fornecedores de matéria-prima e passando pela fábrica (ou fábricas) que o produzem. Esta análise é feita atendendo aos fluxos de informação, material e processos que esse produto percorre. Trata-se de uma das mais poderosas ferramentas de *Lean Manufacturing*, permitindo uma visão global de todo o processo de fabricação e não apenas dos processos individuais. O que se pretende é melhorar o “todo” através de melhorias em processos singulares e o VSM dá-nos essa perspectiva.

Quando se desenha um mapa de todos os fluxos referidos de uma empresa, as vantagens do VSM tornam-se evidentes; ganha-se uma visão mais acertada de oportunidades de aplicação de ferramentas *Lean* para eliminar desperdícios, clarificam-se as interdependências entre processos e definem-se prioridades nas acções a tomar.

A elaboração de um VSM deve seguir as etapas apresentadas a seguir:

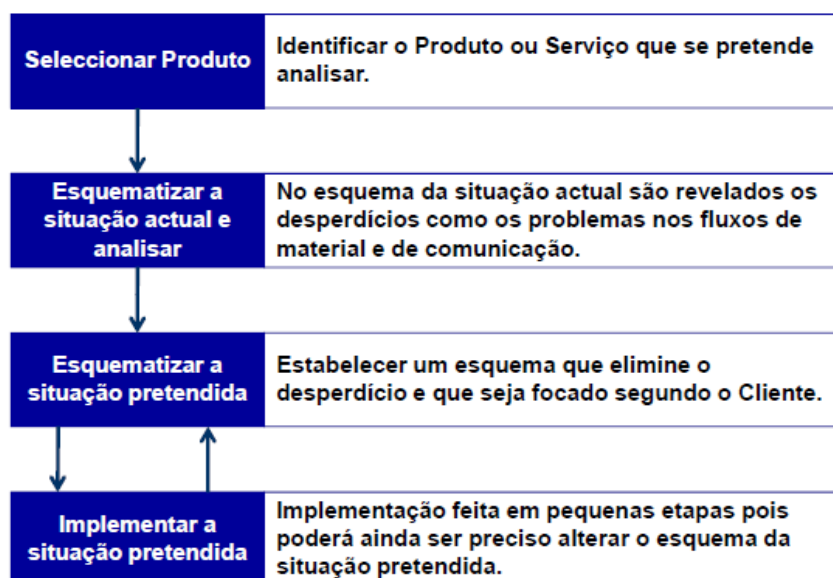


Figura 10 - Etapas na elaboração de um VSM (Fonte: João Costa, 2009)

O processo de desenho de um mapa VSM não é algo teórico que deverá ser feito por apenas uma pessoa. Os autores de *Learning to See*, Mike Rother e John Shook (2003), recomendam vivamente que este desenho seja feito com lápis e papel, que se dê uma caminhada pela empresa de cronómetro na mão e se formem equipas que discutam e opinem, baseados na realidade observada. Os fluxos devem começar a ser analisados do cliente para o fornecedor e não o contrário.

Após se seleccionar o tipo de mapa e o alvo da análise, devem desenhar-se no mapa apenas as actividades principais, às quais se adicionam os dados do *lead time*, *changeover*, tempos de processamento, distâncias, *stocks*, e outros que sejam pertinentes. Os fluxos de informação e materiais devem sempre ser tomados em conta também.

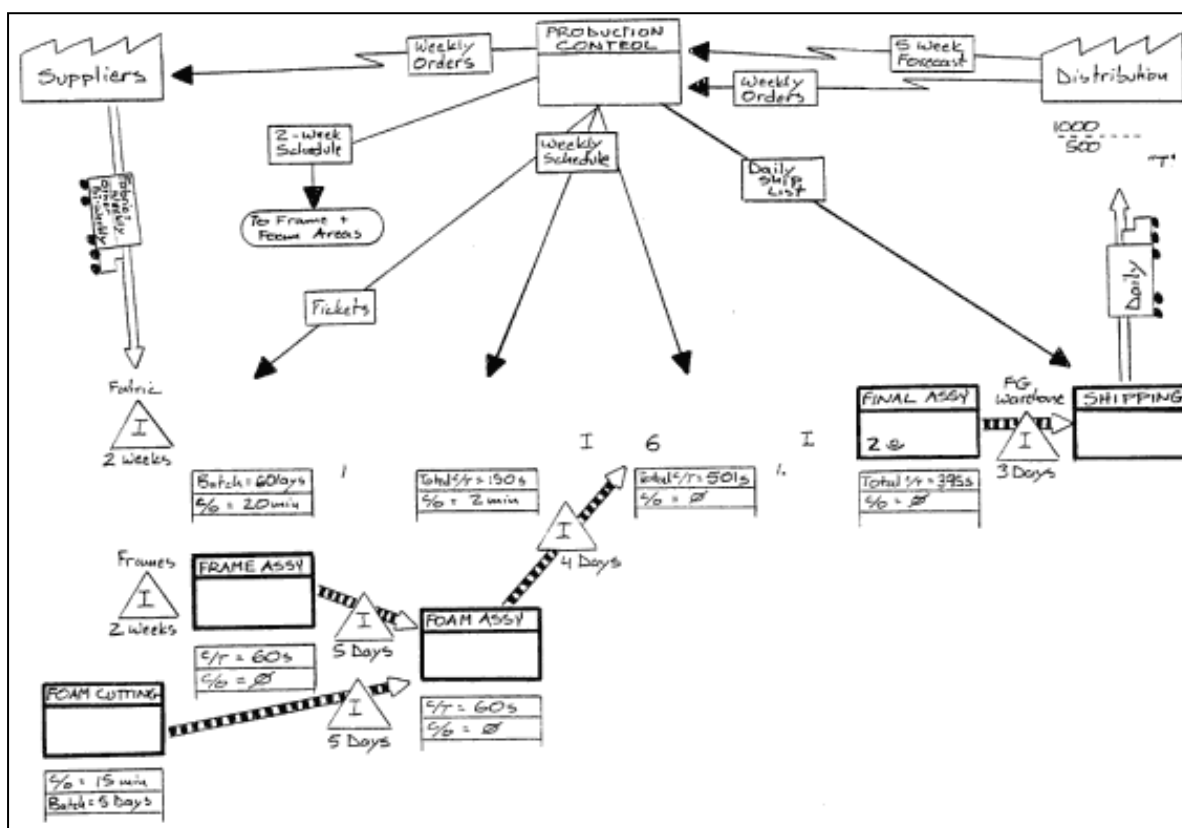


Figura 11 - Exemplo de um VSM (Fonte: Mike Rother e John Shook, 2003).

Após a elaboração do mapa do estado actual, deve-se elaborar uma visão global do que se pretende atingir e para isso deve também desenhar-se um mapa do estado futuro, mantendo assim focados os objectivos definidos.

Partindo do mapa do estado actual, analisam-se as oportunidades de eliminação de desperdícios (utilizando o conceito dos sete desperdícios descrito no ponto 2.2) e acrescentam-se dados que demonstrem a sua dimensão. A utilização das várias ferramentas *Lean* deve ser adequada a cada caso e as equipas podem então ser formadas e os prazos para a execução das tarefas determinados. Por exemplo, em áreas semelhantes ou contíguas, os projectos podem ser agrupados e trabalhados simultaneamente e deve-se sempre manter o acompanhamento do desenvolvimento das acções através de reuniões até à sua conclusão.

Neste ponto, o mapa do estado futuro deverá ser ajustado para reflectir eventuais mudanças nos planos ou novas acções tomadas e devem quantificar-se os resultados obtidos. O mapa do estado futuro, após a conclusão das medidas tomadas, passa a ser o mapa do estado actual e o ciclo deve repetir-se.

2.4 Gestão de *stocks* e classificação ABC

Quase todas as empresas têm *stock* algures na sua cadeia de processamento que funcionam como *buffers* (amortecedores) contra oscilações na procura. Contudo, se por um lado os *stocks* têm um papel positivo nas organizações, por outro, acarretam vários inconvenientes para as mesmas, como sendo, entre outros:

- Imobilização de meios financeiros (*stocks* representam dinheiro parado);
- Ocupação de espaço;
- Ocultação de problemas nas áreas de produção;

As causas da necessidade de *stock* podem ser tão variadas como a produção antecipada devido a prazos longos entre a encomenda e a produção, *stock* para compensar irregularidades na gestão do fabrico ou transportes, *stock* de segurança, *stock* resultante da produção por lotes, etc.

A eliminação de *stock* para resolver estes problemas parece a solução ideal mas isso nem sempre é possível. Podem-se, no entanto, tomar medidas para a sua redução e controlo mais eficiente, como por exemplo:

- A adopção de medidas de prevenção de avarias (manutenção preventiva e autónoma);
- Melhorias de *layout*;
- A aposta na qualidade total e qualidade na fonte;
- Implementação de novos modelos de gestão como o JIT.

Posto isto, verifica-se a necessidade de classificar o *stock* correctamente de modo a dar prioridade aos artigos com maior impacto económico nas áreas a actuar, com vista a tomar medidas para a sua redução ou eliminação.

Surge assim a importância da análise ABC. Trata-se de um método simples e eficaz de determinar o peso relativo dos vários artigos que compõem o *stock*, baseado no princípio 80-20 (análise de Pareto): 20% dos artigos representam 80% do valor total do *stock* e os 80% restantes representam apenas 20%. O gráfico seguinte ilustra a metodologia de cálculo da curva ABC.

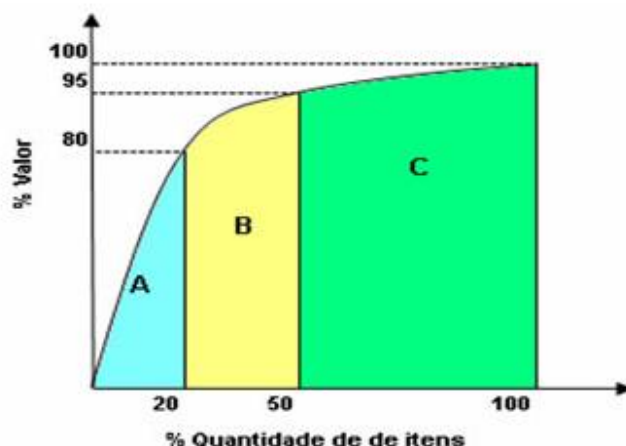


Gráfico 1 - Classificação ABC (Fonte: Amarildo Nogueira, 2007)

Classe A: No gráfico anterior, estes artigos são representados pela área a azul, sendo os principais artigos em *stock*, necessariamente o maior foco de atenção do gestor pois são materiais com maior valor. Estima-se que 20% dos itens em *stock* correspondam a 80% do valor em *stock*.

Classe B: Representados pela área a amarelo, compreendem os artigos que ainda são considerados economicamente preciosos, logo após os artigos pertencentes à Classe A. Estima-se que 30% dos itens em *stock* correspondem a 15% do valor em *stock*.

Classe C: Não deixam de ser importantes também, pois a sua falta pode inviabilizar a continuidade do processo, no entanto o critério estabelece que o seu impacto económico não seja dramático, o que leva a que mereçam menor atenção do que os anteriores. Estima-se que 50% dos itens em *stock* correspondam a 5% do valor em *stock*. (Amarildo Nogueira, 2007)

2.5 Single Minute Exchange of Die

Nos dias de hoje, com elevada concorrência e pressão para se obterem bons resultados, as fábricas são incentivadas a produzir apenas o que é necessário, quando é necessário. Isto muitas vezes corresponde a produzir em pequenos lotes e diversificar a produção, o que ainda não acontece em grande parte das áreas produtivas das fábricas devido ao elevado custo e tempo gasto no *changeover* das máquinas.

Durante o *changeover*, não se produz valor. Deste modo, o *changeover* é entendido como desperdício e como tal deve ser eliminado. Quando o custo ou tempo de *changeover* da máquina é elevado, os lotes produzidos tendem a ser grandes e *stocks* grandes permitem esconder problemas de qualidade e problemas nos processos; o seu elevado custo em WIP e desperdícios é tudo o que uma fábrica não deseja.

Ao reduzir o tempo de *changeover* das máquinas, caminhamos para o *one piece flow* e para a redução total de *buffers* entre processos.

Justifica-se assim a utilização de técnicas para melhorar a troca de ferramentas e uma das mais populares é a técnica Single Minute Exchange of Die (SMED).

O método SMED recorre a cinco tarefas elementares para a redução do tempo de *changeover*:

1. Identificar e separar as actividades de *changeover* internas e externas envolvidas no processo de mudança e ajuste de ferramenta;
2. Converter as actividades de *changeover* internas em externas sempre que possível, de modo a minimizar o tempo de mudança;
3. Eliminar a necessidade de ajustes através da uniformização de processos, ferramentas e procedimentos;
4. Melhorar as operações manuais através da formação e treino, procurando envolver as pessoas e tirando partido das suas ideias e sugestões (i.e., incentivando e premiando a criatividade e a participação), tornando possível alcançar ganhos significativos sem avultados investimentos;

5. Melhorar os equipamentos através de alterações ou reconfiguração;

O objectivo é garantir que tudo o que for necessário para executar eficientemente uma mudança de linha esteja devidamente preparado e disponível junto à máquina no instante exacto da conclusão do lote anterior. Para tal é necessário que haja preparação e ajustamentos, verificação de ferramentas e matérias-primas e garantir que tudo o que é necessário está nos seus devidos lugares e em boas condições de funcionamento.

Para um conhecimento mais aprofundado deste método, consultar Shigeo Shingo (1983).

2.6 Two-bin system

O *two-bin system* é um método de controlo de *stock* de matéria-prima a abastecer nos postos de trabalho (usualmente aplicado a componentes de pequena dimensão e baixo valor). O seu funcionamento é extremamente simples e permite poupar tempo e dinheiro em cálculos de previsões ou até em uso de software para determinar pontos de reposição de *stock*.

Na figura seguinte representa-se o seu funcionamento: existem dois contentores de matéria-prima a ser usada num determinado processo (A, B); quando o primeiro contentor é totalmente consumido, troca-se pelo segundo contentor cheio (C) e gera-se assim um aviso visual imediato de que é necessário repor matéria-prima no primeiro contentor pelo *waterspider* da área (D, E, F).

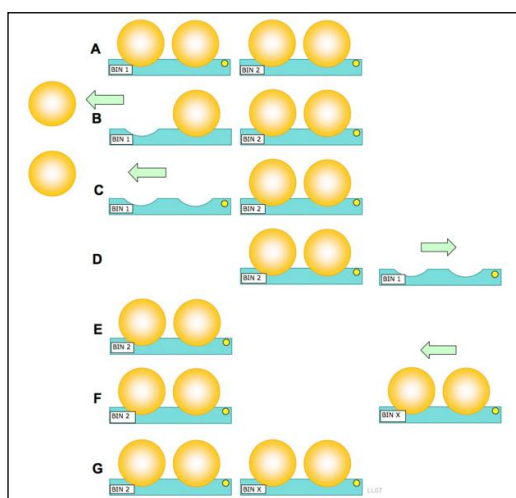


Figura 12 - Funcionamento do sistema two-bin (Fonte: Laurens van Lieshout (2007)).

Este sistema corresponde a um simples sistema *pull* que tem como grande vantagem eliminar tempos de paragem devido à falta de material nos postos, tornando a reposição de material simples e a gestão dos níveis de *stock* fáceis de visualizar e auto-controlados. Além disto, este sistema é ideal nos casos em que todo o material requerido para a área é proveniente do mesmo supermercado de produtos, tendo estes uma procura relativamente constante no presente e futuro próximo. Apenas é necessário que o responsável por esta tarefa tenha conhecimento do modo de funcionamento do sistema para que tenha consciência do *timing* necessário ao reabastecimento e assim evitar paragens por falta de material e enganos na reposição.

Em resumo, este tipo de gestão de material vai de encontro aos princípios de *Lean* que são tornar as coisas simples e de fácil observação.

2.7 Gestão visual

A gestão visual é uma das ferramentas mais importantes em *Lean*. A gestão visual permite a todos os responsáveis e operários obterem informação sobre os processos de produção ou do estado das áreas, sem precisarem de perguntar a ninguém ou ligar um único computador.

Pode-se definir gestão visual como um sistema de planeamento, controlo e melhoria contínua que integra ferramentas visuais simples que possibilitam que se entenda, através de um rápido olhar, a situação actual e que apoia o trabalho normal diário bem como o estado das acções de melhoria.

A gestão visual deve permitir que todos possam ver e entender a mesma coisa, tornando a situação transparente, ajudando a focalizar os processos e não as pessoas, além de dar prioridades ao que realmente é necessário. Deve ser mantido pelos que realmente fazem o trabalho, que são os primeiros a perceber as anormalidades. Por fim, deve ser sempre interligada com os objectivos da empresa.

Esta técnica deve ser aplicada de modo a possibilitar entender e visualizar as situações anormais o mais próximo possível do local e momento em que acontecem e saber o que está a ser feito para corrigi-las. As situações anormais podem ser variadas: baixa produtividade, *stocks* em falta ou excesso, níveis de entrega desviados dos objectivos, custos extraordinários, nível de acidentes, etc. Por exemplo, numa fábrica pode-se acompanhar o quadro diário de produção para saber se há atrasos e quais os problemas (Figura 13).



Figura 13 - Quadro de registos diários de desempenho da produção de plásticos e metais na GE.

A gestão visual é uma potente ferramenta de longo prazo de apoio ao *Lean*, é importante que seja utilizada quer para melhorar, quer para manter o desempenho de uma empresa.

Para mais informação sobre gestão visual, consultar Martin Neese (2007).

2.8 Filosofia Kaizen

A filosofia *Kaizen* foi concebida para estimular a excelência global através de melhorias incrementais nos métodos de trabalho. É um processo baseado na melhoria da qualidade, redução de custos e diminuição dos prazos de entrega, através da eliminação do desperdício (*muda*). A palavra *Kaizen* é de origem japonesa – *Kai* significa “mudar”, e *Zen* significa “bom”, o que traduz o fundamento da filosofia: mudar é bom e mudar é para melhor.

Para o sucesso da filosofia, esta deve envolver toda a organização, administradores e trabalhadores. O principal objectivo do *Kaizen* é a eliminação de perdas em todos os sistemas de uma organização e assim nasceram os dois tipos de *Kaizen*: o *Kaizen* de fluxo, em que se procura obter melhoria do fluxo de valor, e o *Kaizen* pontual, em que se pretende eliminar qualquer tipo de desperdício.

Kaizen como filosofia encontra várias forças que agem no seu sentido contrário, conforme se ilustra na Figura 14.

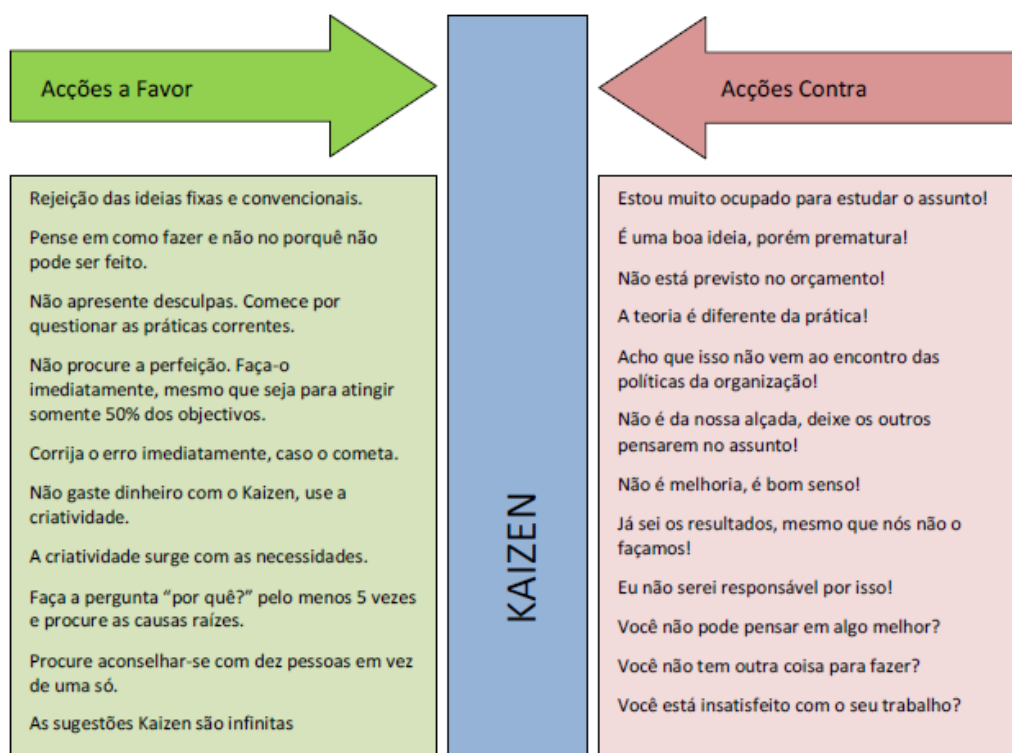


Figura 14 - Ações a favor e contra a filosofia Kaizen (Fonte: adaptado de Martins e Laugeri, 2005).

A aplicação desta filosofia não é fácil nem rápida, uma vez que deve ser vivenciada por todos os colaboradores no dia-a-dia. Para aplicá-la de forma efectiva a organização deve ter um bom conhecimento dos seus processos. O facto a realçar é que o Kaizen pressupõe uma plena abertura à mudança e à inovação, acompanhado pela gestão de topo, recordando que não pode existir desenvolvimento sem mudança.

2.9 Metodologia 5 s

5S é um pilar fundamental para o *Lean Manufacturing*. Trata-se de um método desenvolvido no Japão que aposta na organização e limpeza do local de trabalho bem como no envolvimento e responsabilidade dos trabalhadores para melhoria da produtividade. Um bom plano baseado nestes guias melhora a qualidade, segurança, custos, serviço ao cliente e performance em geral da área a que se aplica.

“5 S” provém de cinco palavras japonesas iniciadas pela letra S: *Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estas palavras representam os cinco “senso” que constituem um sistema fundamental para harmonizar as interfaces entre os sub-sistemas produtivo-pessoal-comportamental.

Os 5S são:

1. **Seiri - Senso de Utilização:** separar e manter no local de trabalho somente os materiais, máquinas e equipamentos necessários, eliminando os desnecessários.
2. **Seiton - Senso de Organização:** definir a forma correcta e o local adequado para guardar materiais, máquinas e equipamentos, tornando o acesso rápido e fácil.
3. **Seisou - Senso de Limpeza:** eliminar a confusão de materiais, máquinas e equipamentos do local de trabalho, atacando as fontes do problema.
4. **Seiketsu - Senso de Conservação:** garantir a continuidade das condições físicas e da saúde no local de trabalho, respeitando as ordens escritas de segurança.
5. **Shitsuke - Senso de Autodisciplina:** cumprir os procedimentos e as normas através da disciplina e empenho, transformando-os num hábito de trabalho.

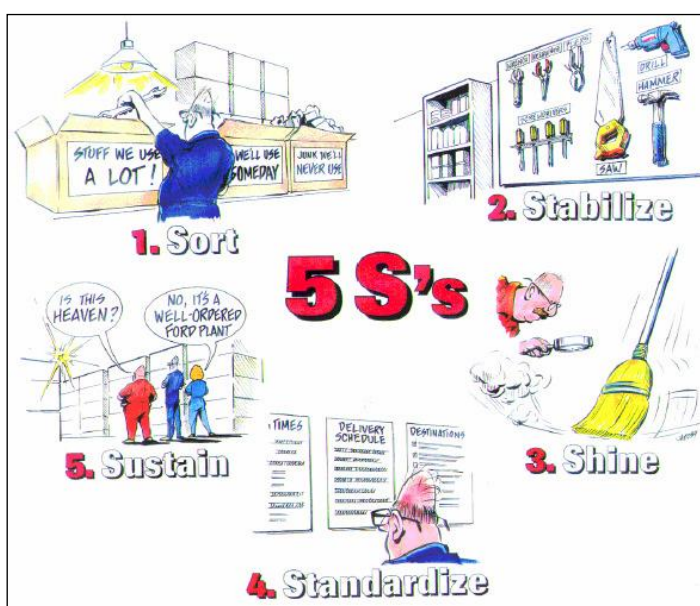


Figura 15 - Ilustração do método 5s
(Fonte: François de Villiers, 2008).

3. Situação Inicial na Empresa

Um importante princípio de gestão é a capacidade de se ter uma visão global da situação da empresa e a partir daí conseguir definir as acções a tomar nas várias áreas ou secções, cujas melhorias individuais se reflectirão no panorama geral.

Para iniciar este trabalho foi importante criar uma visão da situação inicial da empresa e para isso utilizou-se uma ferramenta de *Lean*, o *Value Stream Mapping*. O mapa geral (Anexo A.1) retrata a situação da empresa relativamente à produção de ELCBs no início deste projecto. A partir daí, foi possível definir oportunidades de melhoria e criar novos projectos.

O mapa da área de soldadura, tratada em particular neste estágio, é apresentado na figura seguinte.

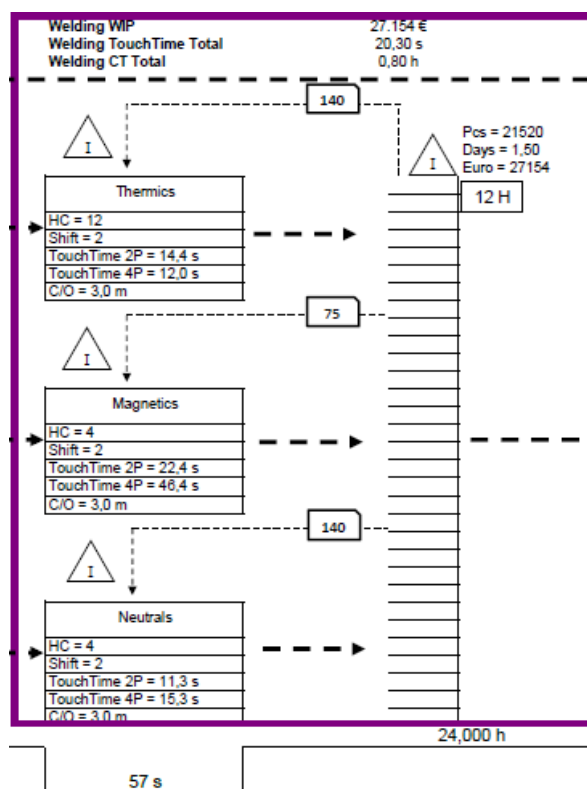


Figura 16 - VSM inicial da área de soldadura.

Na área de soldadura, verificou-se que um dos problemas era o *touch time* e o tempo de *changeover* relativamente elevados que, em conjunto, diminuem a flexibilidade e a capacidade de resposta desta área às necessidades a jusante, as linhas de montagem. Uma das razões deste problema encontra-se no modo como a apresentação de materiais era feita. Na figura seguinte ilustra-se exactamente isso.



Figura 17 - Posto de trabalho na soldadura.

Os contentores são colocados ao lado das máquinas e as operadoras retiram porções de material dos contentores para cima da mesa conforme vão precisando. Não existe sistema visual de aviso para o abastecedor de que o contentor está vazio e que o posto precisa de abastecimento e também não existe uma zona de *picking* (acção de alcançar os componentes) definida.

O objectivo definido foi então o de facilitar o processo de fornecimento de matérias-primas às operações de soldadura, reduzir a interferência do abastecedor no trabalho da operária, otimizar a zona de *picking* da operação – reduzir distância percorrida nos movimentos dos operários - e reduzir micro-paragens; uma outra parte importante deste trabalho foi também o progresso do SMED, com vista à redução dos tempos de *changeover*.

Outro ponto de oportunidades de melhoria foi identificado no supermercado que serve de interface entre a soldadura e as linhas de montagem. A definição das quantidades a produzir na soldadura é baseada na procura (conhecida) mas o supermercado existente, com capacidade para 1,5 dias de *stock*, permite a produção em lotes relativamente grandes, do que resultam elevadas quantidades de WIP no supermercado – que significa dinheiro parado. A Tabela 1 resume os dados do VSM inicial do sector tratado aqui, os quais servirão de comparação para os resultados obtidos.

Tabela 1 - Dados relativos à situação inicial da soldadura.

Peças (Quantidade)	21520
Dias	1.5
WIP (€)	27154
<i>Touch Time Total</i> (s)	20.30

Ainda relativamente ao supermercado, pretendia-se também reduzir a movimentação de contentores quer na transferência das máquinas de produção de soldadura para o supermercado, quer no abastecimento posterior para as linhas, por razões ergonómicas e de fluxo. A Figura 18 evidencia o elevado número de manuseamentos para cada contentor, que se pretendeu reduzir.

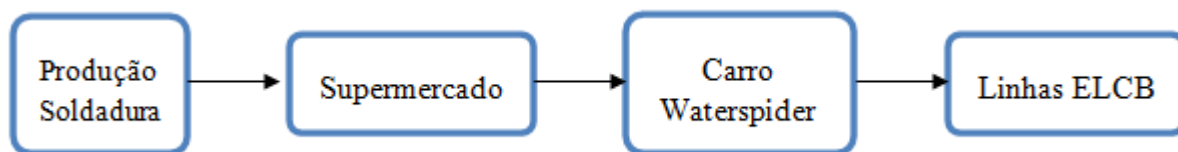
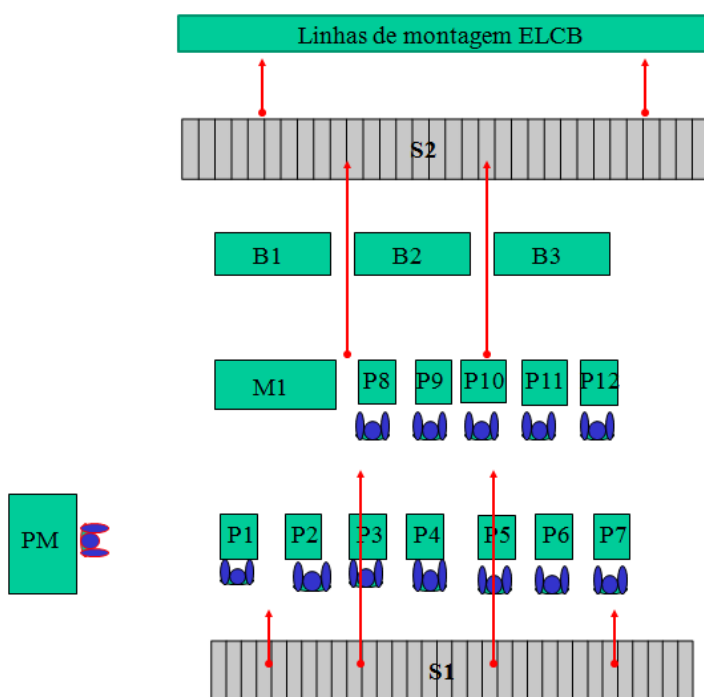


Figura 18 - Movimentações manuais de contentores.

Em resumo, as metas a atingir, de acordo com esta análise, foram:

- Redução de *stock* (WIP) de 1,5 dias para 0,75 dias;
- Reformulação do supermercado existente (estantes) para um supermercado dinâmico que reduza a movimentação de contentores e aumente a flexibilidade e mobilidade.

A figura seguinte representa o *layout* actual da área de soldadura. As setas a vermelho indicam o fluxo de materiais desde a matéria-prima (S1), passando pela sua transformação em conjuntos de soldadura (P1, P2, ...) até à reposição no supermercado de produto final (S2) e transporte para as linhas de montagem de ELCBs.



Legenda:

- **P1,P2....:** Postos de soldadura
- **PM:** Posto de manutenção
- **M1:** Máquina de corte de tranças
- **B1....:** Operações de acabamento
- **S1:** Supermercado de MP e conjuntos intermédios de soldadura
- **S2:** Supermercado de produto final

Figura 19 - *Layout* actual da área de soldadura.

Para uma melhor percepção da importância deste trabalho na visão *Lean* da empresa, apresenta-se de seguida o quadro com os objectivos globais e particulares a atingir e as respectivas metodologias e acções a tomar (Figura 20). Esta informação está presente em vários pontos ao longo da fábrica para que todos tenham consciência do ponto em que a empresa se encontra e para onde se deve caminhar.

Visão Lean – Porto
<p>Aumentar a capacidade e flexibilidade enquanto se reduz WIP</p> <p>Focused leadership</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard WIP to 2 dias. • Lead-time de produção 5 hours. • Gestão visual "O que se vê/mede consegue-se gerir". <p>Soluções inter funcionais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia & Lean - Repensar o fluxo de produção, redesign para manufactura (modificações de detalhe podem ser muito importantes para C/T) <p>Aumentar o yield nos testes - >96% é o nosso objectivo</p> <p>Reduzir o tempo de ciclo dos testes ($\pm 20\%$): 5sec no 2P and 7sec no 4P em média.</p> <ul style="list-style-type: none"> • AME / Moonshine – Redimensionar correctamente o equipamento de Fabricação. • AWO de SMED ao nível do equipamento – no mínimo mensalmente em toda a fabricação. <p>Changeover na injeção de Plásticos < 3min</p> <p>Changeover nos Metais < 5min para prensas e < 30min para Bihlers</p> <p>Changeover na soldadura < 2min.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar e eliminar Monumentos. (Em cada quarter, 1 identificação e 1 eliminação). • TPM implementado. <p>Cultura de resolução de Problemas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma fábrica um team um objectivo. (Aumentar a geração de ideias para no mínimo 1 por pessoa por mês) • No mínimo 1 Lean AWO por quarter com envolvimento de todos os departamentos. • Formação em Lean para todos os operadores na fábrica. (Sessões bisemanais). • KISS

Figura 20 - Visão *Lean* da empresa (Documento Interno).

De referir ainda que todos os projectos de *Lean* a decorrer na fábrica são acompanhados por todos os responsáveis em reuniões semanais e são liderados pelo chefe do departamento de *Lean* da empresa. Estas reuniões são muito importantes porque permitem que todos tenham conhecimento da evolução dos vários projectos e fomentam a discussão, a partilha de opiniões e diferentes pontos de vista.

O envolvimento de todos nas acções de *Lean* na empresa é muito importante. Pelo menos uma vez em cada trimestre decorrem *Action Workouts* de *Lean*, fomentando a união e o trabalho de equipa. Nos *Action Workouts* formam-se equipas com pessoas de vários sectores da empresa e essas equipas focam-se num problema específico previamente identificado, para o qual, durante a duração desta acção, têm de apresentar soluções e implementá-las.

4. Soluções propostas

4.1 Apresentação de materiais

4.1.1 Desenvolvimento do primeiro protótipo

Como foi referido no capítulo anterior, os problemas a resolver em relação à apresentação de materiais nos postos de soldadura foram essencialmente o fornecimento de matérias-primas às operações de soldadura, reduzindo a interferência do abastecedor no trabalho da operária e a optimização da zona de *picking* da operação. Por outro lado, verificou-se também que a posição de trabalho normal das operárias nas máquinas de soldadura não era a melhor a nível ergonómico, passando muito tempo com os braços dobrados e com as mãos acima do nível do cotovelo (Figura 21, à direita).

A resolução deste problema passou por um trabalho bastante prático na área, com o desenvolvimento de diferentes protótipos de modos de abastecimento até se obter uma solução ajustada às necessidades existentes, à ergonomia, funcionalidade e ao espaço existente também.

No início do estágio decorreu um *Action Workout* (ver capítulo 3) na área de soldadura, do qual nasceu o primeiro protótipo para o abastecimento dos postos de soldadura (Figura 21).



Figura 21 - Vista frontal (à esquerda) e vista traseira (à direita) do primeiro protótipo desenvolvido.

Se compararmos este resultado com a Figura 17, é notória a desorganização e confusão que desaparece. Em resumo, o modo de funcionamento passaria a ser o seguinte:

- Abastecimento feito pela parte de trás por parte do *waterspider* da área, despejando parcialmente o contentor nas rampas;
- Acondicionamento do contentor com o material de sobra ao lado das rampas;
- Zona de *picking* ao nível da mesa definida (área em cartão na Figura 21, à esquerda) de modo a poder acondicionar poucas peças.

A análise desta solução, após uns dias de experimentação, revelou o seguinte:

Vantagens:

- Maior organização do espaço de trabalho;
- Reduzida interferência do *waterspider* no trabalho da operária dado que o abastecimento é feito pelo lado oposto;
- Zona definida para *picking*, o que não acontecia inicialmente (Figura 22);
- Redução de micro-paragens – deixa de ser necessário retirar porções de material directamente do contentor.

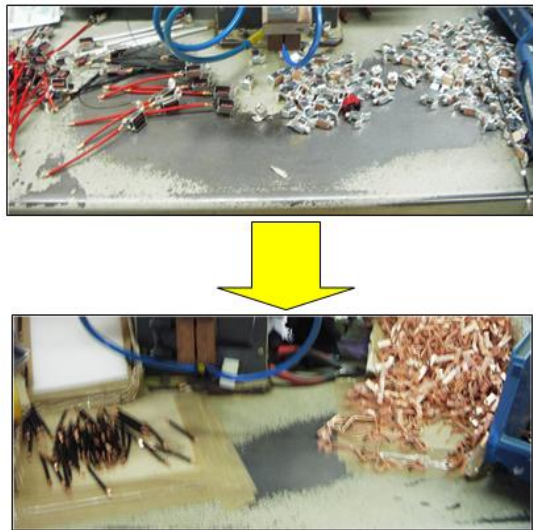


Figura 22 – Área de *picking*.

Desvantagens:

- A estrutura de suporte em tubo branco, em conjunto com as rampas, tornava a área de trabalho bastante “atafuhlada”;
- O contentor para o produto final fica numa posição inadequada, ergonómica e funcionalmente;
- Devido à natureza dos materiais, ao serem despejados nas rampas, estes sobrepunham a barreira limitadora no fundo desta e espalhavam-se na mesa;
- A área de *picking* continuava ao nível da mesa, o que não reduzia a distância percorrida pelos movimentos das operadoras, desde que a operadora alcança os materiais a soldar até ao ponto de soldadura.

O problema relativo à desadequada posição de trabalho das operárias foi tratado em simultâneo com o problema da apresentação de materiais e será apresentado o estudo feito mais à frente neste relatório.

4.1.2 Desenvolvimento do segundo protótipo

Dadas as desvantagens referidas do primeiro protótipo, fez-se a análise das mesmas e decidiu-se desenvolver um novo protótipo de abastecimento de material aos postos de soldadura. O resultado foi o seguinte (Figura 23):



Figura 23 - Segundo protótipo desenvolvido.

Com este protótipo tentou-se eliminar várias das limitações do primeiro, nomeadamente a dimensão elevada das rampas e a estrutura de suporte, a distância da zona de *picking* ao ponto de soldadura (em altura e na horizontal), a queda de materiais em excesso para essa área e ainda a libertação de espaço para a colocação do produto final da soldadura.

Assim, dos problemas apresentados, esta solução apresenta as seguintes melhorias em relação à anterior:

- Eliminou-se completamente a necessidade de ter uma estrutura de suporte para as rampas, libertando espaço quer no posto quer no corredor entre as máquinas;
- Passou a ser possível deixar o contentor com as peças restantes na parte traseira da mesa, o que não interfere com o trabalho da operadora (Figura 25);
- A área de *picking* passou a estar a um nível adequado e completamente definida;
- O limitador que existia no final da rampa passou a ser ajustável (Figura 24), o que é importante devido à variedade de componentes que pode ser utilizada em cada posto, com diferentes formas e tamanhos;
- Passou a haver local para a colocação do produto final da operação.



Figura 24 - Pormenor do limitador no final da rampa e da área de *picking*.



Figura 25 - Localização do contentor com componentes restantes.

Apesar de se terem conseguido eliminar as principais desvantagens do primeiro protótipo, mantiveram-se ainda algumas reservas em relação a esta solução.

Verificou-se que, por não ser possível abastecer o alimentador com todo o conteúdo do contentor, o *waterspider* teria que estar constantemente a reabastecer os vários alimentadores em todos os postos de soldadura, o que foi visto como uma causa de desperdício de transporte e obrigaria essa pessoa a mais esforços ao longo do dia. Acrescido a isso, não se tornava óbvia a necessidade de repor material a partir do *stock*. Para os componentes mais pequenos, os limitadores aplicados ao protótipo não cumpriam a sua função, permitindo a acumulação de demasiados componentes na plataforma de *picking*.

4.1.3 Desenvolvimento do protótipo final

Neste ponto, foi necessário corrigir os problemas ainda existentes no segundo protótipo desenvolvendo um novo que, com a experiência obtida dos anteriores, fosse uma solução simples e definitiva para o problema em mãos.

O resultado final desta fase apresenta-se na Figura 26.



Figura 26 - Protótipo final para a apresentação de materiais na soldadura.

Depois de testado este protótipo, concluiu-se que todos os inconvenientes assinalados anteriormente se resolviam, para além de se manterem as vantagens já analisadas em relação ao segundo protótipo.

As principais melhorias foram as seguintes:

- Passou-se a fazer o abastecimento directamente com contentores, não sendo necessário despejar material para as rampas;
- Condiçãoou-se a localização dos contentores no posto, retirando a possibilidade de empilhamento;
- A operadora controla a quantidade de componentes na zona de picking;
- Implementou-se o *two-bin system*.

O *two-bin system* foi a melhoria mais significativa. As vantagens deste sistema são:

- Torna a necessidade de reabastecimento num sinal visual;
- Eliminam-se paragens por falta de material;
- Zero enganar no material fornecido.

A quantidade de componentes nos contentores de matéria-prima estava já definida para o funcionamento nestes moldes, com a diferença de que em vez de se encontrarem num dispositivo presente no posto de trabalho, estavam nas prateleiras do supermercado correspondente.

O aspecto final do posto de trabalho completo é evidenciado na Figura 27.

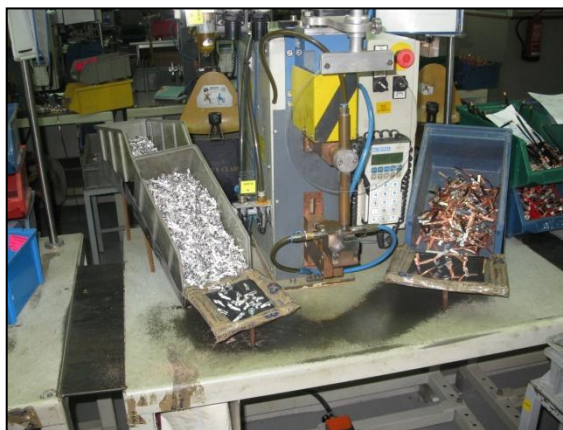


Figura 27 - Aspecto final do posto de trabalho com os alimentadores para ambos os componentes a soldar.

Nas linhas de soldadura, em geral, soldam-se dois componentes: um conjunto em construção e um novo componente a adicionar a esse conjunto numa sequência de 2 a 7 operações até o completar, dependendo do modelo de ELCB a que o conjunto se destina.

A solução encontrada é aplicável a 9 das 12 máquinas da soldadura. Como se pode ver na Tabela 2, existem 3 máquinas que efectuam operações de junção de mais de 2 componentes (assinaladas a amarelo), o que implica ter mais de dois suportes. Dada a dimensão das mesas de trabalho, isso não é possível com esta solução.

Tabela 2 - Operações que cada máquina pode efectuar.

Operação	Máquina											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S. Bobine+trança												
Passar trança núcleo+S.2 bornes curtos												
S. Pista arco+trança												
S. Bimetal+pista arco												
S. Bimetal+trança												
S. Shunt												
S. Contacto móvel trança												
S. Borne curto												
S. Borne comp+trança												
S. Borne comp(c/conjunto)												
Passar trança núcleo+S. 1 borne curto em cd trança												
Unir conj(s. Trança do terminal comprido+trança do conj.)												
S. 2 bornes (lado esq)												
S. Trança ao borne												
S. PLL 1005AG/PKM1005												

De referir que ficou também determinado que o comando da máquina de soldadura (assinalado na Figura 28) deveria passar para debaixo da mesa de trabalho, libertando mais espaço para acomodar os alimentadores (o que reduz ainda mais a distância da área de *picking* ao ponto de soldadura) e o recipiente de produto final.



Figura 28 - Comando de uma máquina de soldadura.

Neste momento, os comandos das máquinas estão em processo de renovação e à medida que forem passados para a posição referida, os alimentadores poderão ser implementados.

Os desenhos de definição dos alimentadores na sua versão final encontram-se no Anexo A.2.

4.1.4 Resultados obtidos

Para avaliar as melhorias no processo de soldadura com a implementação deste sistema, fez-se uma série de medições aos tempos de ciclo de três operações diferentes utilizando este sistema e compararam-se os resultados com medições feitas anteriormente às mesmas operações, sem os alimentadores. As medições foram feitas para 100 peças.

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempos ciclo médios em três operações com e sem alimentadores.

Operação	Sem alimentador	Com alimentador
Soldar trança à pista de arco (s)	4.61	4.49
Soldar bimetel à pista de arco (s)	3.82	3.79
Soldar Shunt (s)	4.43	4.14

Estas medições mostram que, em média, houve uma redução de 3% no tempo de cada operação. Esta redução, apesar de não muito expressiva, representa ganhos importantes a longo prazo. Por exemplo, na operação de soldar trança à pista de arco, se uma operadora trabalhar sete horas e meia, significa que ela produz mais 80 conjuntos ao fim do dia.

Para além destes resultados, obtêm-se ainda as vantagens já referidas de ter o *two-bin system* implementado: torna a necessidade de reabastecimento num sinal visual claro e eliminam-se paragens por falta de material; reduz-se o desperdício de movimentos com a aproximação da área de *picking* ao ponto de soldadura e melhora-se a organização e apresentação da mesa de trabalho, o que tem vantagens também ao nível da produtividade, ainda que indirectamente.

4.2 Metodologia SMED e melhorias ergonómicas

4.2.1 Acções de melhoria de SMED

No sector da soldadura existem 12 máquinas de soldadura por brasagem, sendo todas elas de características físicas e técnicas iguais, sendo o estudo realizado aplicável a qualquer uma das máquinas existentes. De referir que existe apenas 1 afinador por turno responsável pela troca de ferramentas de todas as máquinas e que ainda apoia as operadoras no abastecimento de material a cada posto de soldadura.

As ferramentas a trocar na máquina são o cone de cobre (parte superior) e o JIG (parte inferior). Na extremidade do cone existe um eléctrodo e no topo do JIG existe outro. Quando a operadora carrega no pedal da máquina, o cone superior desloca-se para baixo até alcançar os componentes a soldar, que são previamente colocados em posição no JIG para se situarem entre os eléctrodos. Na Figura 29 evidenciam-se as ferramentas referidas.

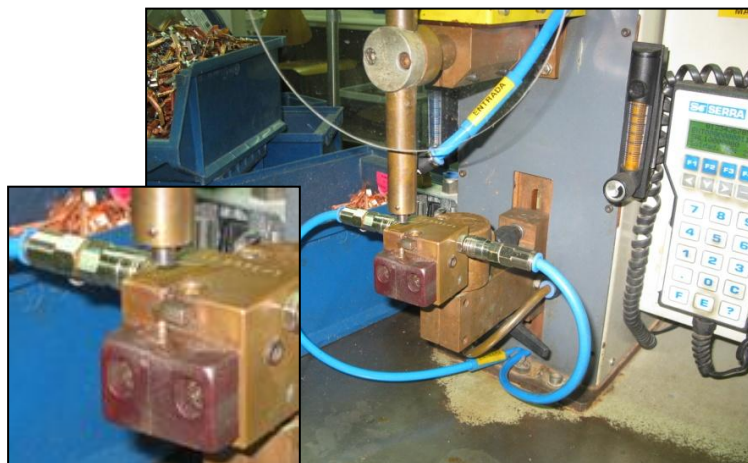


Figura 29 - Cone de cobre e JIG numa máquina de soldadura. À esquerda evidenciam-se os eléctrodos superior e inferior.

Para analisar o modo como o afinador procedia aquando da operação de *changeover*, fez-se uma medição de uma destas operações escolhida aleatoriamente. O resultado pode-se observar na Tabela 4.

Tabela 4 - Registo do tempo de uma troca de ferramenta.

Nº	Sub-Operação	Tempo (s)
1	Afastar viseira	2
2	Retirar tubos de água superiores	9
3	Aliviar parafusos ferramenta superior	18
4	Retirar ferramenta superior	5
5	Retirar tubos de água inferiores	6
6	Aliviar parafusos ferramenta inferior	23
7	Retirar ferramenta inferior	3
8	Colocar nova ferramenta inferior	5
9	Apertar parafusos ferramenta inferior	19
10	Ligar tubos de água inferiores	4
11	Colocar nova ferramenta superior	4
12	Apertar parafusos ferramenta superior	29
13	Colocar tubos de água inferiores	3
14	Fechar viseira	2
TOTAL		132

Verificou-se que existiam já implementados nas máquinas parafusos de aperto rápido manual em substituição de parafusos sextavados de modo a reduzir o tempo de aperto e desaperto de peças móveis. Contudo, verificou-se também que na maioria das máquinas não existia a totalidade destes parafusos que deveria existir, quer porque se tenham partido ou desgastado (Figura 30). O mesmo se passava em relação aos engates rápidos dos tubos de água destinados à refrigeração das ferramentas.



Figura 30 - Máquina com parafusos de aperto rápido em falta.

A uniformização das máquinas no que toca a estes componentes é crítica para que o SMED funcione e tenha o devido impacto no tempo de produção que liberta através da redução dos tempos de *changeover*.

A primeira acção tomada foi então a de fazer um levantamento das existências destes componentes para se poderem encomendar as peças em falta e assim garantir boas condições à realização das operações de *changeover*.

Tabela 5 - Componentes em falta nas máquinas.

	Quantidade ideal	Quantidade em uso	Quantidade em falta
Parafuso Aperto rápido M6	48	17	31
Parafuso Aperto rápido M8	24	17	7
Engates Rápidos	76	57	19

Com todas as máquinas uniformizadas, passa a não ser necessária nenhuma chave em vez de duas diferentes e o acto de retirar os tubos de água é simplificado, o que simplifica muito a operação de *changeover*.

4.2.2 Melhorias ergonómicas

Como já foi referido anteriormente, detectou-se também que a posição de trabalho das operadoras podia ser melhorada, nomeadamente a posição das mãos em relação aos cotovelos, que durante a maior parte do tempo de trabalho não estão ao mesmo nível, o que é desaconselhável.



Figura 31 - Posição de trabalho desadequada na soldadura.

A solução para este problema conjunto de reduzir o tempo gasto na afinação e o de melhorar a posição de trabalho foi desenvolver um novo suporte para as partes móveis inferiores da máquina.

Antes de passar ao desenvolvimento do novo suporte, testou-se a nova posição do ponto de soldadura pretendida para se poder obter “feedback” por parte das operadoras. Para isso, inverteu-se a ferramenta inferior, o que aproximou esse ponto da mesa e consequentemente permitiu que as operadoras trabalhassem com as mãos ao nível do cotovelo.



Figura 32 - JIG invertido para simular a nova posição de trabalho.

As operadoras devolveram comentários positivos em relação à solução experimental e então avançou-se com o projecto do novo suporte.

O resultado pode ser visto no Anexo A.3.

4.2.3 Resultados obtidos

Para além das melhorias ergonómicas conseguidas com o novo suporte de cobre, eliminou-se uma peça inteira de todo o conjunto inferior.

Inicialmente, o conjunto inferior era composto por três partes (Figura 33): o suporte de cobre em contacto directo com a máquina, uma peça de intermédia de ligação entre o suporte e o JIG, e o JIG.

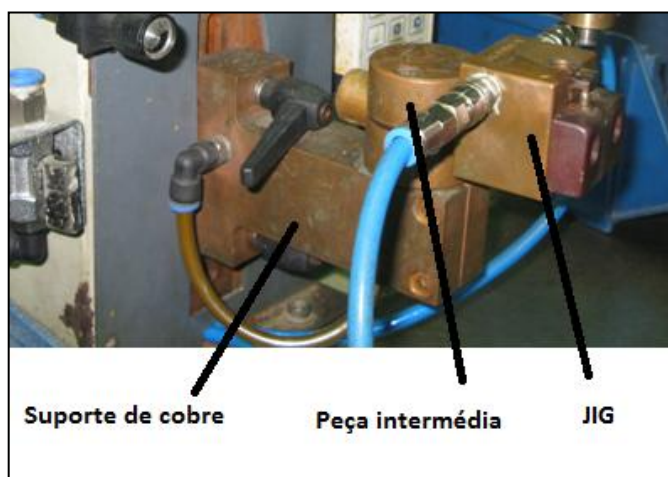


Figura 33 - Peças que compõem parte inferior da máquina.

Com o novo suporte de cobre, a peça intermédia de ligação entre o suporte e o JIG desaparece, pois o JIG passa a ser colocado directamente no novo suporte.

As vantagens da eliminação desta peça são várias:

- Menos um elemento a montar;
- Elimina-se um grau de liberdade, o que torna mais fácil o processo de afinação da máquina;
- Consegue-se melhor qualidade de soldadura porque se diminuem resistências de contacto.

A uniformização das máquinas em termos de parafusos de aperto rápido e de engates rápidos para os tubos de água traz também vantagens ao nível do tempo de *changeover*. Para avaliar os ganhos nesta operação com uma máquina totalmente equipada, fez-se uma nova medição do tempo gasto nesta operação, numa máquina com essas condições. O resultado está na Tabela 6.

Tabela 6 - Troca de ferramenta numa máquina totalmente equipada.

Nº	Sub-Operação	Tempo (s)
1	Afastar viseira	3
2	Tirar engates rápidos dos tubos de água superiores	3
3	Aliviar parafusos aperto rápido superiores	4
4	Retirar ferramenta superior	2
5	Tirar engates rápidos dos tubos de água inferiores	4
6	Aliviar parafusos de aperto rápido inferiores	5
7	Retirar ferramenta inferior	5
8	Colocar nova ferramenta inferior	4
9	Apertar parafusos de aperto rápido inferiores	7
10	Ligar engates rápidos dos tubos de água inferiores	5
11	Colocar nova ferramenta superior	3
12	Apertar parafusos de aperto rápido superiores	5
13	Ligar engates rápidos dos tubos de água superiores	4
14	Fechar viseira	2
TOTAL		56

O resultado obtido é claramente melhor do que o da medição anterior, feita numa máquina sem todos os componentes referidos. O tempo de *changeover* passa de dois minutos e doze segundos para menos de um minuto. Para além disso, deixam de ser necessárias chaves de aperto.

Isto mostra a importância de manter os equipamentos sempre em boas condições de utilização, o que pode ser a diferença entre ter capacidade para a produção necessária (através da redução dos tempos de *changeover*) ou perder tempo valioso a colmatar falhas existentes.

A redução conseguida representa um ganho de aproximadamente 25 minutos por dia, para uma média de 20 operações de *changeover*.

4.3 Dimensionamento e redefinição do supermercado de produto final

4.3.1 Introdução

O supermercado de produto final da soldadura é o local onde se colocam os contentores com os conjuntos de soldadura destinados aos diferentes modelos de ELCBs a montar nas linhas de montagem a jusante. Inicialmente definido para ter 1,5 dias de *stock*, o supermercado encontrava-se sobre-dimensionado e desajustado em relação aos objectivos para aquela área. Pretendeu-se então reduzir para metade a sua capacidade e transformá-lo num supermercado dinâmico que permitisse o transporte de contentores desde as máquinas de soldadura até às linhas de montagem. A Figura 34 mostra o supermercado inicial.



Figura 34 - Supermercado de soldadura.

Este supermercado está dividido por conjuntos de soldadura: térmicos, neutros e magnéticos para cada modelo de ELCB. Cada divisão possui contentores de um conjunto para os referidos 1,5 dias de produção.

A abordagem ao problema iniciou-se pela análise das necessidades ao nível de conjuntos de soldadura.

A Tabela 7 mostra os conjuntos de soldadura necessários para cada tipo de ELCB. De notar que cada modelo de ELCB necessita de diferentes referências de cada tipo de conjunto de soldadura, de acordo com as suas características. Os conjuntos referentes a cada modelo podem ser consultados no Anexo A.4.

Tabela 7 - Quantidade de conjuntos de soldadura necessários para cada tipo de ELCB.

Tipo de ELCB	Conjuntos de Soldadura		
	Térmico	Neutro	Magnético
2 Pólos	1	1	1
4 Pólos	3	1	1

A Tabela 8 apresenta todos os modelos que a fábrica produz, divididos por tipo: de dois pólos e de quatro pólos.

Tabela 8 - Modelos de ELCB produzidos na fábrica.

Modelos 2P	Modelos 4P
5A	10/30 AC
10/30 AC	10/30 S
10/30 ND	10/30 ND
15/45 AC	30/60 AC
15/45 S	30/60 S
30/60 AC	30/60 ND
30/60 S	
30/60 ND	
60/90 AC	
60/90 S	

O passo seguinte foi determinar quais os modelos de ELCB mais produzidos na fábrica, o que corresponde directamente aos conjuntos de soldadura mais produzidos para satisfazer essa procura. Esta análise é muito importante porque permitiu tomar decisões em relação aos conjuntos que seria imperativo ter em *stock* e separá-los dos menos importantes. Para isso, fez-se uma análise ABC dos modelos produzidos no último ano (Gráfico 2).

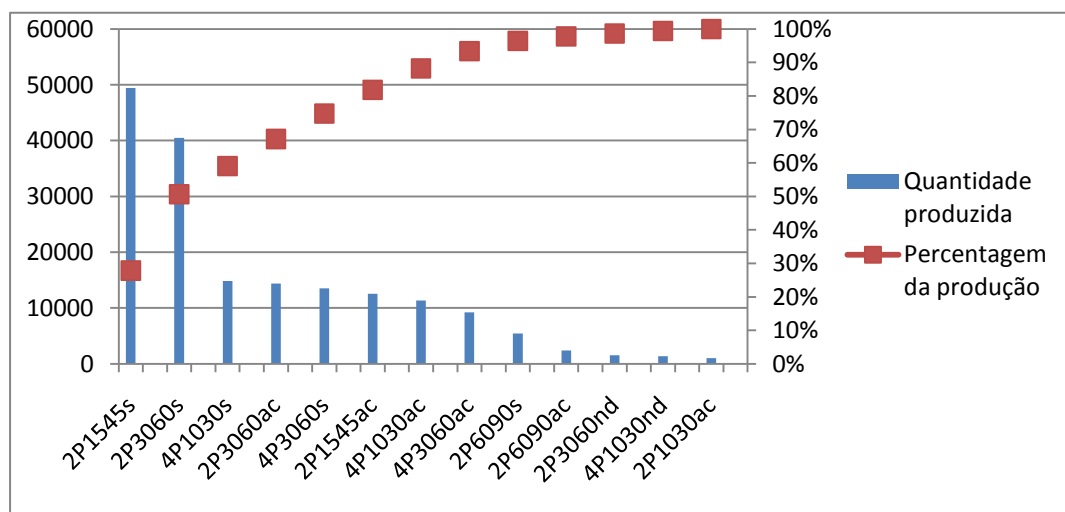


Gráfico 2 - Análise 80/20 da produção de ELCB.

A análise do Gráfico 2 mostrou que 80% da produção da fábrica no último ano se deveu a seis modelos, sendo que apenas dois deles representam metade da produção. Os conjuntos de soldadura necessários à produção destes seis modelos foram então considerados os mais importantes a ter em *stock*, visto que são necessários praticamente todos os dias, enquanto que os restantes são necessários esporadicamente, de acordo com a produção de ELCBs.

Atendendo a que se pretendia reduzir a movimentação de contentores e tornar o supermercado mais dinâmico, decidiu-se que o novo supermercado seria composto por carros. Estes carros teriam que transportar os contentores necessários ao abastecimento das linhas de montagem, podendo estes também circular por entre os postos de soldadura para recolher os contentores cheios. Decidiu-se também que a alocação de cada carro a modelos específicos de ELCB era a mais adequada.

Assim, ficou definido que cada carro seria dedicado a um modelo de ELCB e por isso teria que ter contentores para os três diferentes conjuntos de soldadura necessários a esse ELCB.

A área disponível para os carros corresponde à área ocupada pelo supermercado actual e estes teriam que ser desenvolvidos tendo em conta também essa restrição à sua dimensão (Figura 35). Não só isso, mas também devido às regras ergonómicas em vigor na GE, os contentores não podem estar acima do nível do ombro nem abaixo do nível do joelho de uma pessoa de estatura média.

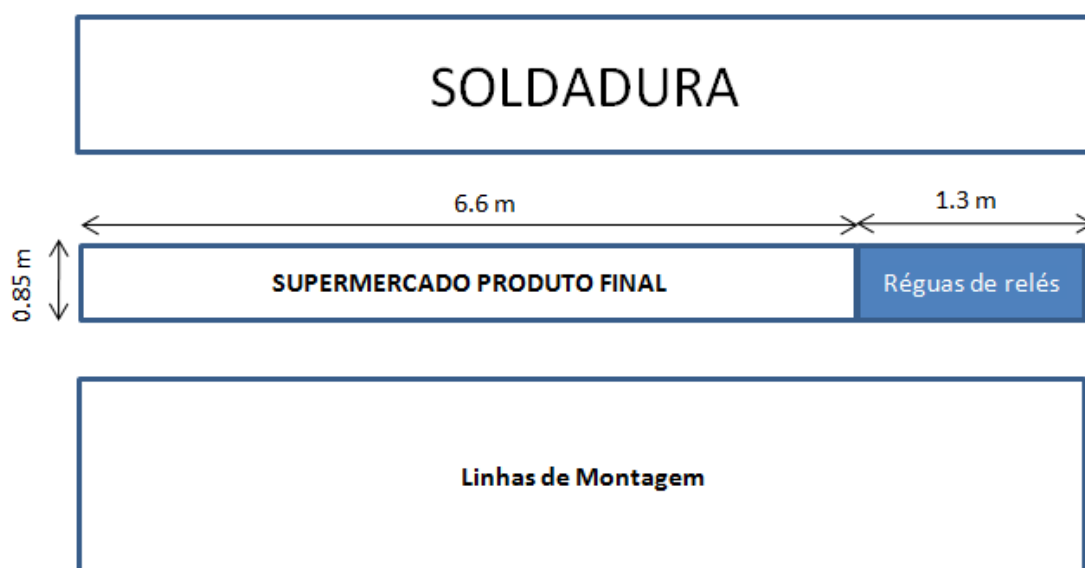


Figura 35 - Área disponível para o supermercado de produto final da soldadura.

Com esta informação, partiu-se para o desenvolvimento do novo supermercado.

4.3.2 Desenvolvimento do novo supermercado

A primeira abordagem foi determinar, para o objectivo de 0.75 dias de *stock*, quantos contentores os carros teriam que suportar, no máximo, para assim se conseguir saber qual a dimensão dos carros e se o espaço disponível seria suficiente. De notar que foram considerados os seis modelos mais produzidos, de acordo com o Gráfico 2.

O resultado desse estudo está resumido na Tabela 9.

Tabela 9 - Contentores necessários por modelo para 0.75 dias de *stock*. A verde estão os conjuntos de magnéticos, a rosa os térmicos e a azul os neutros.

Modelo ELCB	Conjuntos soldadura	Consumo/Dia	Consumo 0,75dias	QTD/Contentor	Contentores
2P1545s	40158506	620	465	100	5
	40140071	620	465	140	4
	40152885	620	465	100	5
2P1545ac	40158504	620	465	100	5
	40140071	620	465	140	4
	40152885	620	465	100	5
2P3060s	40158507	620	465	100	5
	40140074	620	465	140	4
	40152883	620	465	100	5
2P3060ac	40158505	620	465	100	5
	40140074	620	465	140	4
	40152883	620	465	100	5
4P1030s	40158508	375	281	50	6
	40140076	1125	844	140	7
	40152884	375	281	100	3
4P3060s	40158509	375	281	50	6
	40140078	1125	844	100	9
	40152886	375	281	100	3

Pela tabela, observa-se que para todos os modelos de dois pólos, seria necessário um carro com catorze contentores, correspondente ao *stock* para 0.75 dias. No caso dos modelos tetrapolares, verificou-se que seria necessário um carro com dezoito contentores para o mesmo efeito.

Sabendo a dimensão dos contentores, conseguiu-se determinar o tamanho que os carros deveriam ter para suportar dezoito contentores, número máximo determinado anteriormente.

Tabela 10 - Dimensões de um contentor e dimensões do carro

	Contentor	Carro
Altura (mm)	165	1410
Comprimento (mm)	385	830
Largura (mm)	220	500

O carro teria que ter as dimensões listadas acima, com cinco prateleiras e quatro contentores, o que dá um total de vinte contentores. Conseguiu-se assim uma solução para um carro com os dezoito contentores necessários.

Contudo, verificou-se que o carro, com quase um metro e meio de altura, seria demasiado alto e não respeitava as recomendações ergonómicas referidas anteriormente.

A solução para este problema foi determinar previamente as dimensões do carro para ser viável ergonomicamente e também para respeitar as restrições ao nível da área possível de ocupar.

Construiu-se então um protótipo de um carro que respeitasse todas essas condições. Na Figura 36 apresenta-se o resultado.



Figura 36 - Carro protótipo para o supermercado de soldadura.

Como se pode ver na figura acima, o carro tem apenas três prateleiras em vez das cinco determinadas anteriormente. Este carro tem lugar para doze contentores (quatro por prateleira), menos dois do que os necessários para ter 0.75 dias de *stock* para os modelos de dois pólos e menos seis para os modelos de quatro pólos.

Isto implica que o objectivo de ter 0.75 dias de *stock* terá de ser reduzido, pois a quantidade de material possível de ter em *stock* é menor.

Relembrando que cada carro deverá ser dedicado a um modelo de ELCB (o que corresponde a uma linha de montagem) e que cada modelo incorpora três conjuntos diferentes de soldadura (Tabela 7), fez-se uma divisão experimental dos contentores para os carros destinados aos modelos ELCB bipolares e outra para os carros destinados aos modelos ELCB tetrapolares. A Tabela 11 resume a divisão feita. De referir que as quantidades de cada contentor estavam já definidas de acordo com limites de peso máximo e/ou nível de preenchimento e por isso não foram alteradas.

Tabela 11 - Divisão de contentores nos carros para modelos bipolares e tetrapolares.

Conjuntos de Soldadura	Modelo Bipolares		Modelos Tetrapolares	
	Quantidade contentor	Contentores por carro	Quantidade contentor	Contentores por carro
Magnéticos	100	4	50	4
Neutros	100	4	100	2
Térmicos	140	4	140	6

A redução da capacidade do supermercado implica a diminuição do tamanho dos lotes produzidos e consequentemente uma maior rotatividade e flexibilidade da produção. Para determinar se a produção de soldadura teria capacidade para responder a esta solicitação, simulou-se um dia de produção nessa área.

Os dados a reter para esta análise são os seguintes: actualmente a área de soldadura labora dois turnos por dia, das 8h às 24h, para conseguir abastecer um turno das linhas de montagem de ELCBs (quatro linhas que laboram das 8h às 17h) mais as necessidades diárias de duas empresas subcontractadas (que também produzem ELCBs) e tem dez trabalhadores por turno e doze máquinas disponíveis. O supermercado de produto final da soldadura apenas integra *stock* destinado à produção interna de ELCBs. O *stock* destinado ao abastecimento de subcontratos é colocado numa zona à parte.

O estudo feito relativamente à produção de soldadura, devido à sua complexidade, foi dividido por tipos de conjuntos de soldadura (magnéticos, térmicos e neutros). O raciocínio seguido na simulação foi o seguinte:

- Determinou-se o tempo médio para a produção de conjuntos destinados a aparelhos bipolares e para conjuntos destinados a aparelhos tetrapolares, de acordo com as normas em vigor (Anexo A.4);
- Atribuíram-se tantos operários por turno quantos os necessários para garantir que não houvesse rupturas de *stock* e as necessidades fossem suprimidas;
- Utilizaram-se os níveis de actividade recentes;
- Consideraram-se os tempos de paragens programadas e de operações de *changeover*;
- A procura foi determinada pela produção diária média de ELCBs;
- Fizeram-se iterações sucessivas até se obter uma solução viável.

As normas representam horas de produção necessárias para produzir 1000 peças e servem de referência para a atribuição de prémios aos operários que trabalhem uma determinada percentagem acima da norma (isto é medido pelo nível de actividade – uma actividade de 100% representa um nível de operação igual à norma).

As necessidades a suprimir para esta simulação, foram as seguintes:

Produção interna

- Duas linhas de montagem de ELCBs bipolares – 1250 aparelhos num dia;
- Duas linhas de montagem de ELCBs tetrapolares – 750 aparelhos num dia;

Produção nos subcontratos

- 750 aparelhos modelo 2P 15/45 S;
- 450 aparelhos modelo 2P 10/30 ND.

Para o caso dos magnéticos, o resultado de um dia de produção em termos de *stock* total foi o demonstrado no Gráfico 3.

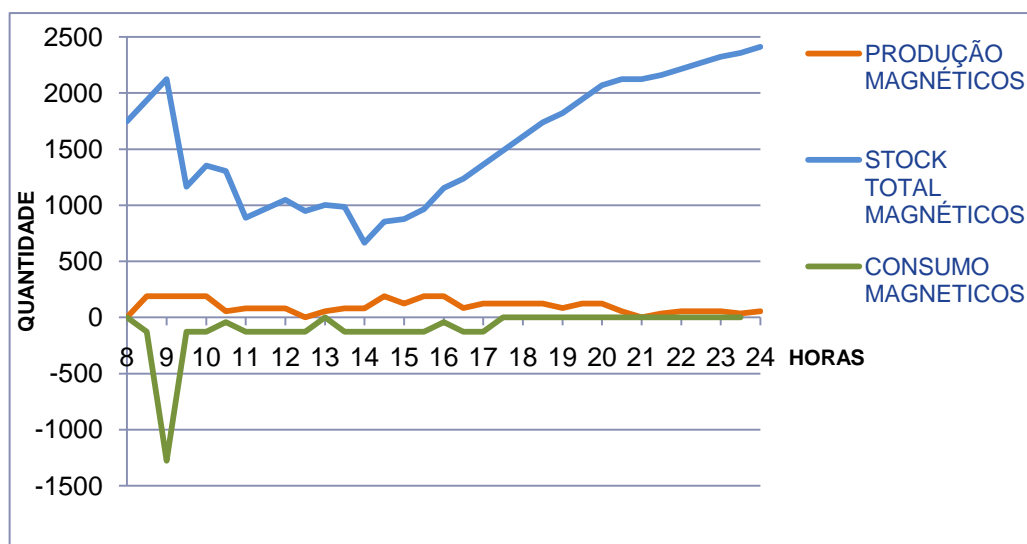


Gráfico 3 - Variação do *stock* total de magnéticos num dia de produção.

As linhas de produção e de consumo de magnéticos representam a produção e o consumo com variações de meia em meia hora, de acordo com a simulação feita. O consumo de magnéticos (considerado negativo para efeitos de apresentação) apresenta um pico às nove horas porque a essa hora são expedidos os conjuntos destinados aos subcontratos. Consequentemente, a linha de *stock* total sofre uma quebra a essa hora. A diferença observada no *stock* total de magnéticos entre as 24 horas e as 8 horas é explicada na análise ao gráfico seguinte.

O *stock* total de magnéticos é composto pelos conjuntos destinados aos subcontratos e também pelos conjuntos destinados ao consumo interno, sendo estes últimos os que importam para o estudo do que se passa no supermercado de produto final da soldadura. Como tal, é importante separar este *stock* total nas duas partes que o compõem. O Gráfico 4 mostra como evoluem separadamente essas quantidades ao longo do dia.

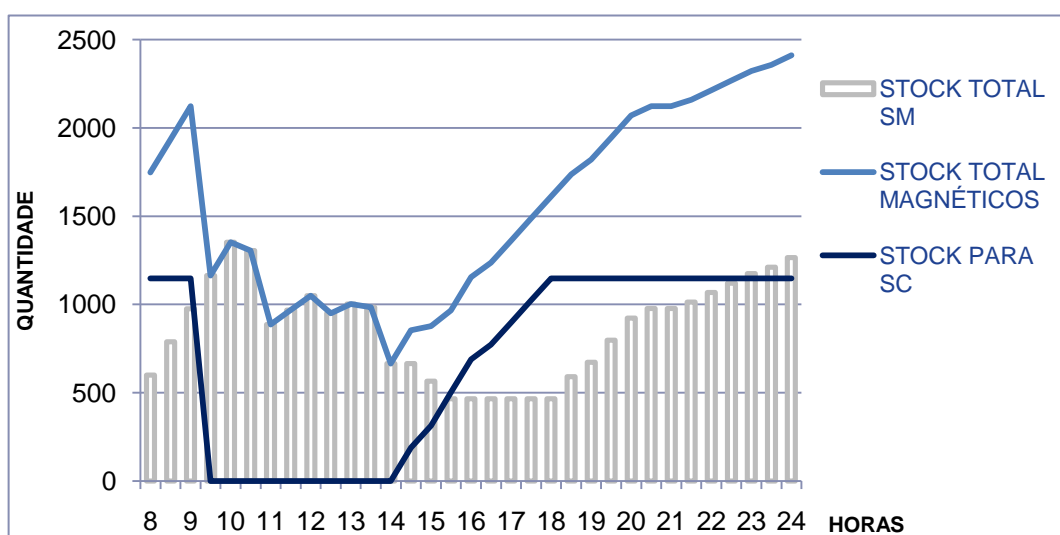


Gráfico 4 – Variação do *stock* de magnéticos no supermercado e do *stock* destinado aos subcontratos.

Com o *stock* total de magnéticos dividido, expõe-se o que acontece no supermercado.

O que se torna importante garantir é que o *stock* de magnéticos no supermercado não sofra roturas durante o dia de modo a não haver paragens nas linhas de montagem. A análise ao gráfico de barras permite verificar que isso não acontece em nenhuma altura do dia, garantindo-se assim o bom funcionamento desta área.

O *stock* ao fim do segundo turno de produção, às 24 horas, corresponde a ter os carros cheios outra vez, prontos para o dia seguinte. Às 8 horas da manhã distribuem-se dois contentores de cada carro pelas respectivas linhas de montagem (quantidades correspondentes à diferença das 24 horas para as 8 horas) e o ciclo diário repete-se. As quebras no *stock* total no supermercado representam abastecimentos às linhas. O *stock* destinado aos subcontratos é também reabastecido e fica pronto para ser expedido novamente às 9 horas da manhã.

Para garantir este funcionamento, o estudo feito revelou que são necessárias três operários no primeiro turno e dois no segundo dedicados à produção de conjuntos de magnéticos.

Relativamente os restantes conjuntos de soldadura (térmicos e neutros) fez-se também a mesma análise para se poderem retirar as elações necessárias.

No caso dos neutros, a simulação feita devolveu o resultado apresentado no gráfico seguinte:

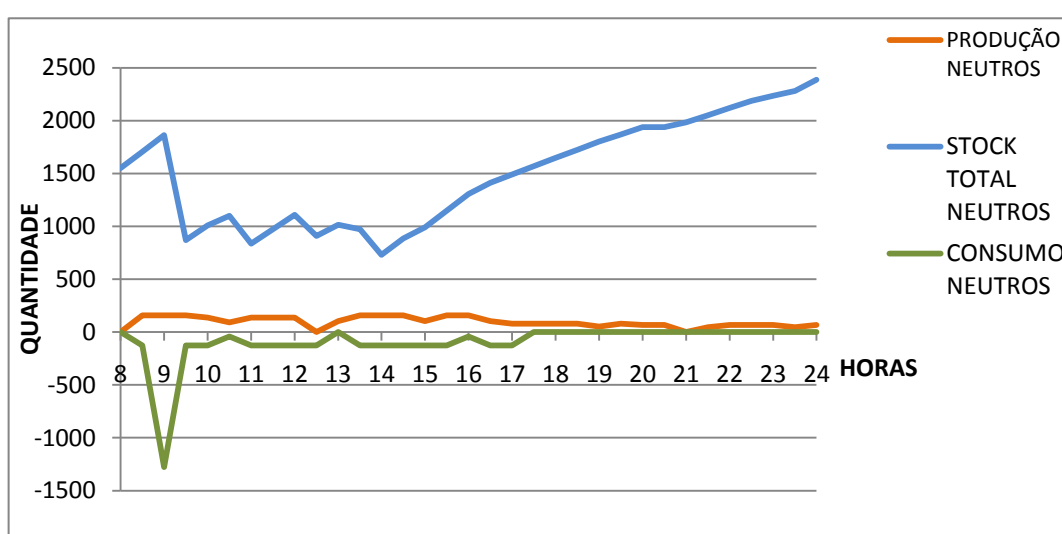


Gráfico 5 - Variação do stock total de neutros num dia de produção.

A análise a fazer é semelhante à dos magnéticos: as linhas de produção e consumo de neutros mostram as variações de meia em meia hora; às 9h da manhã existe uma quebra no *stock* total devido à expedição para subcontrato.

De igual modo, fez-se a divisão do *stock* total de neutros em *stock* destinado aos subcontratos e em *stock* destinado à produção interna de ELCBs. No Gráfico 6 está o resultado obtido.

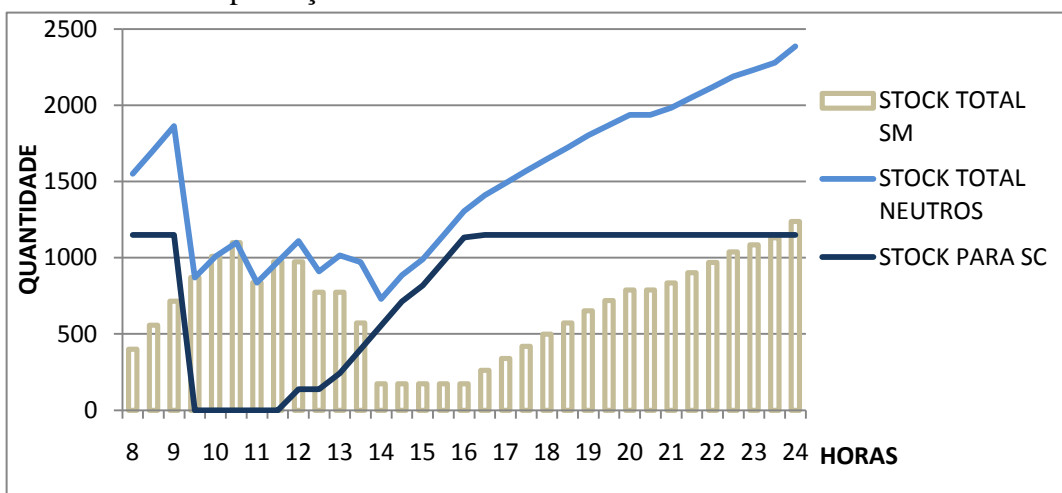


Gráfico 6 - Variação do stock de neutros no supermercado e do stock destinado aos subcontratos.

Para os neutros, verificou-se que, para garantir que não ocorressem quebras no *stock*, seriam necessários dois operadores no primeiro turno e apenas um no segundo turno.

Garantiu-se assim o abastecimento do supermercado interno e dos subcontratos. O abastecimento às linhas de montagem é feito do mesmo modo que os magnéticos, com dois contentores por linha. As restantes elações a retirar relativamente ao Gráfico 6 são semelhantes às retiradas para o Gráfico 4.

Por fim, resta analisar os conjuntos de térmicos. A produção destes conjuntos é a mais complexa mas, relativamente à simulação feita, a única diferença é que para os ELCBs tetrapolares o abastecimento é feito com três contentores em vez de dois como no resto dos casos. Esse facto foi tido em conta e o resultado do estudo está representado no Gráfico 7.

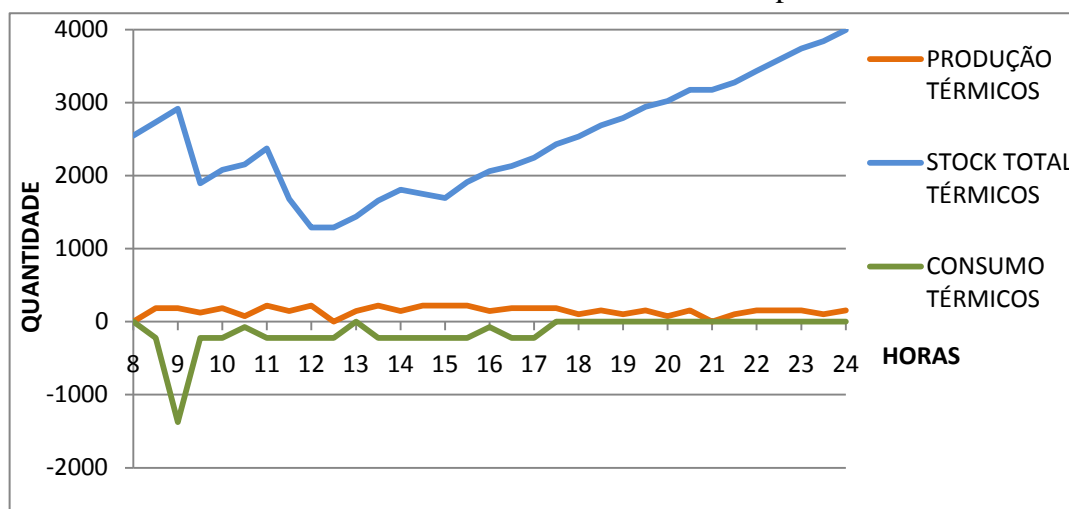


Gráfico 7 - Variação do *stock* total de térmicos num dia de produção.

O *stock* total de térmicos apresenta uma variação semelhante aos anteriores, como seria de esperar. O pico de consumo às 9h, referente à quantidade expedida para os subcontratos, é igual aos anteriores porque estas empresas apenas produzem ELCBs bipolares. Caso se tratassem de ELCBs tetrapolares esta quantidade seria três vezes superior (Tabela 7).

Para determinar o que se passa no supermercado destinado à produção interna, dividiu-se o *stock* total de térmicos no *stock* para esse destino e no *stock* destinado aos subcontratos, do mesmo modo que se trataram os conjuntos de magnéticos e neutros.

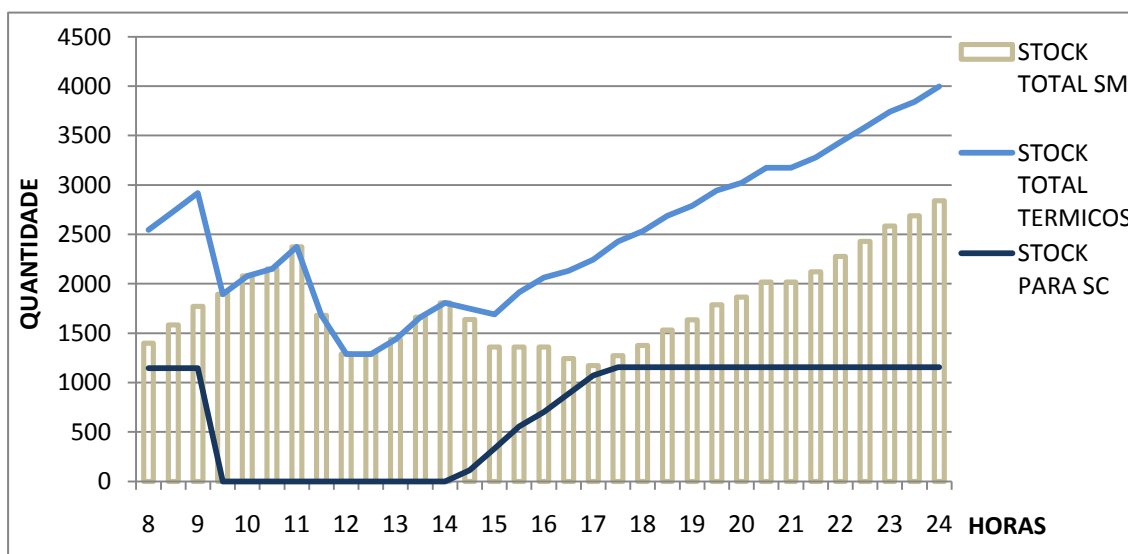


Gráfico 8 - Variação do *stock* de térmicos no supermercado e do *stock* destinado aos subcontratos.

As conclusões a retirar são também aqui semelhantes às anteriormente retiradas para os magnéticos e neutros. Não existem roturas de stock, pelo que as linhas de montagem não páram por falta de material. Relativamente ao stock no supermercado, mantém-se a diferença entre as 24 horas e as 8 horas devido ao abastecimento às linhas de montagem às 8 horas da manhã. Garante-se contudo que, às 24 horas, os carros destinados aos ELCBs a produzir no dia seguinte estão abastecidos. As diminuições no stock do supermercado são maiores para os térmicos porque as linhas de montagem de ELCBs tetrapolares são abastecidas com três contentores, como foi já referido.

Para este caso dos conjuntos de térmicos, o abastecimento do supermercado e dos subcontratos é garantido por seis operários no primeiro turno e cinco no segundo.

4.3.3 Resultados obtidos

O estudo feito à capacidade da área de soldadura necessária para esta ser capaz de suprimir as necessidades diárias revelou que a capacidade instalada é suficiente para que o novo supermercado funcione correctamente.

Deverá contudo ser movido um trabalhador do segundo turno para o primeiro, dada a necessidade de existir uma maior rotatividade na produção e velocidade de produção em relação à situação inicial. Isto acontece porque se reduz o *stock* disponível ao início do dia e assim é necessário produzir no primeiro turno os restantes conjuntos de soldadura com velocidade suficiente para que não existam roturas de stock. A passagem de um trabalhador do segundo para o primeiro turno é até benéfica para a empresa a nível económico, visto que os trabalhadores nocturnos ficam mais caros que os diurnos.

Estando confirmada a existência de capacidade, definiu-se a distribuição dos carros por modelos de ELCB e o modo de funcionamento do novo supermercado. A proposta apresentada foi a seguinte:

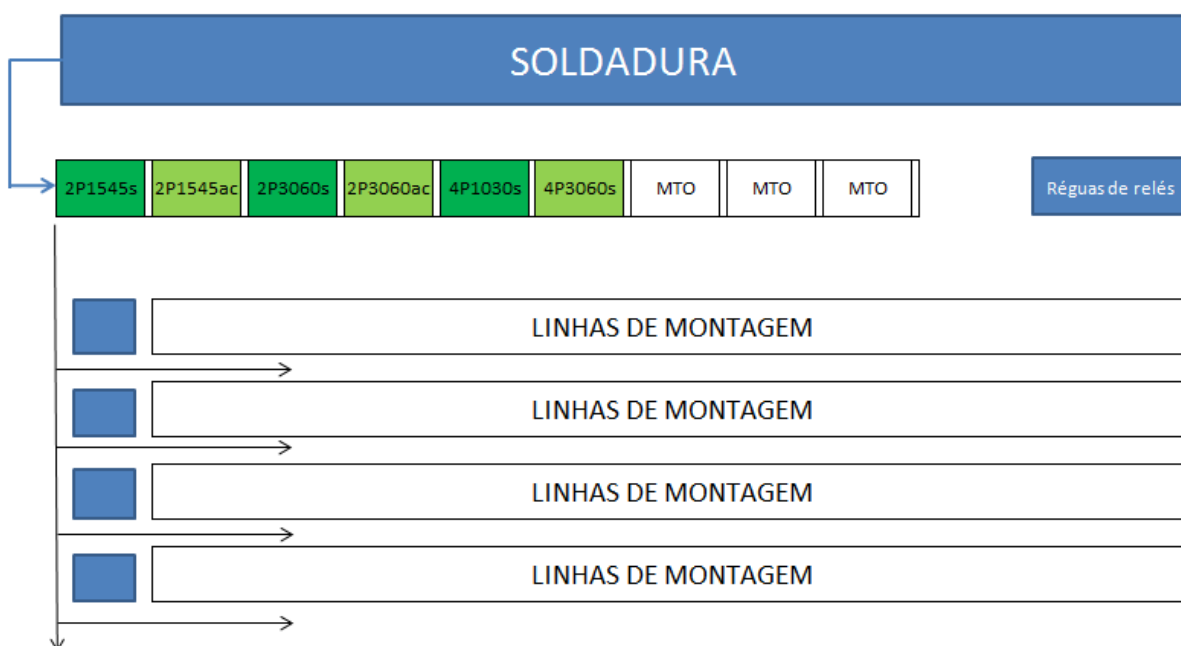


Figura 37 - Distribuição dos carros que compõem o supermercado e respectivas movimentações.

O novo supermercado é composto por nove carros. Seis desses carros são destinados a modelos de ELCB fixos, de acordo com os modelos mais produzidos (Gráfico 2).

Os restantes carros são destinados aos outros modelos, os MTO (*make to order*), e podem ser preenchidos com os conjuntos correspondentes, dependendo do plano de produção diário. Estes carros deverão ser identificados de acordo com os modelos a que se destinam de modo a facilitar o trabalho do *waterspider* que abastece as linhas de montagem.

Por outro lado, acontece por vezes ter mais do que uma linha a produzir o mesmo modelo, usualmente dos modelos referentes a 80% da produção. Nesses casos, se, por exemplo, estiverem duas linhas a produzir o modelo 2P 15/45 S, usa-se o carro fixo para esse modelo e um dos carros sem modelo fixo para se abastecerem as duas linhas. A quantidade de carros destinados a essa função foi determinada de acordo com a variedade de modelos existente e das combinações de ELCBs possíveis de estarem em produção nas linhas de montagem.

A dimensão dos carros permite que estes circulem também pela área de soldadura para reabastecer, deixando de haver a necessidade de transportar os contentores manualmente até ao supermercado (Figura 38).



Figura 38 - Reabastecimento do carro com conjuntos de soldadura.

Em relação à distribuição de contentores pelas linhas de montagem, os carros são transportados até à linhas, é feita a distribuição dos contentores e os carros podem ficar junto às linhas até ser necessário reabastecê-los, altura em que regressam à área de soldadura.



Figura 39 - Distribuição de contentores pela linha de montagem de ELCB.

Com este novo supermercado, os 0.75 dias de stock definidos como objectivo passam a 0.67 dias, reduzem-se as movimentações manuais de contentores individuais para duas movimentações e reduz-se a área ocupada pelo supermercado de 5.6 m² para 4.4 m².

O resultado de todas as acções desenvolvidas foi resumido num novo VSM. O mapa geral, incluindo todas as áreas envolvidas na produção de ELCBs pode ser consultado no Anexo A.5. O VSM particular da área de soldadura está representado na Figura 40.

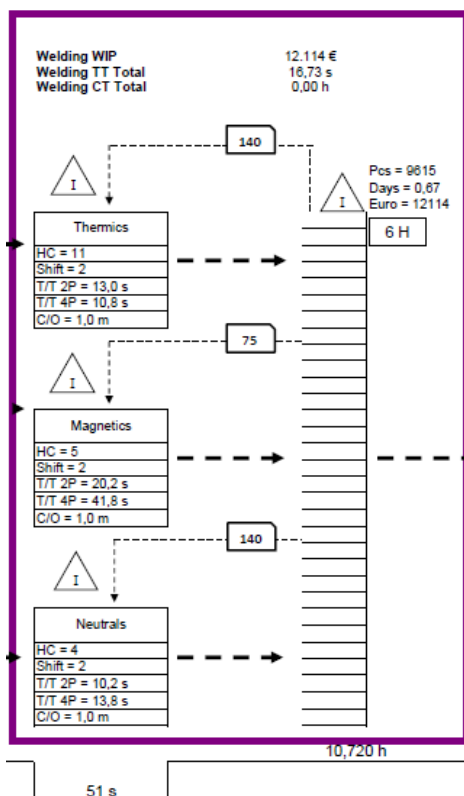


Figura 40 - VSM final da área de soldadura.

A Tabela 12 evidencia os dados relativamente à situação final da soldadura. Com o novo supermercado existe uma redução de 55% nos dias de stock e consequentemente em peças e WIP associados. As acções desenvolvidas referentes ao capítulo 4.2 resultaram numa redução do *touch time* total de 8%.

Tabela 12 - Dados relativos à situação final da área de soldadura.

Peças (Quantidade)	12114
Dias	0.67
WIP (€)	12114
<i>Touch Time</i> Total (s)	16.73

4.4 Aplicação da metodologia 5s e da filosofia Kaizen

Estando este estágio integrado no departamento de *Lean* da GE, as oportunidades de participação em projectos globais de *Lean* na empresa foram várias. Um dos projectos que abrange todas as áreas da fábrica é a aplicação da metodologia 5s.

A aplicação desta metodologia iniciou-se na área da produção de plásticos. Em colaboração com estagiários também da área de *Lean* e com a supervisão do responsável pelo departamento, planearam-se as acções a executar e elaboraram-se os documentos a afixar na área para avaliar os resultados da inspecção preliminar e de evolução das actividades na área (Anexos A.6 e A.7).

Estas acções devem incluir todas as pessoas que trabalham no local até porque são elas que conhecem melhor os problemas com que se deparam diariamente e podem dar a sua opinião sobre a melhor forma de os resolver. Assim, deram-se formações aos trabalhadores da área sobre a metodologia 5s, com o objectivo de os informar mas também de os motivar e incentivar à sua participação.



Figura 41 - Quadro informativo 5s e de acompanhamento das acções a decorrer.

A primeira acção foi definir uma área para colocar tudo o que estivesse apenas a ocupar espaço na área e não fosse utilizado nas actividades diárias, para que fosse possível verificar visualmente o resultado da aplicação desta metodologia.

O critério seguido para determinar o que era importante manter na área ou colocar numa zona afastada, de acesso restrito (ou até considerar lixo) foi a frequência de utilização. Todas as ferramentas ou equipamentos que não forem utilizados diariamente podem ser colocados na área definida inicialmente. Os equipamentos que, pela sua dimensão, não pudessem ser movidos para essa área, foram identificados com uma etiqueta pré-definida, a *red tag* (ver Anexo A.8).

O resultado desta acção está na Figura 42.



Figura 42 - Resultado da aplicação dos 5s.

A acção seguinte consistiu na limpeza e organização da área. Em baixo apresenta-se o resultado desta actividade numa pequena zona da secção da produção de plásticos.



Figura 43 - Aplicação dos 5s. À esquerda mostra-se o estado inicial e à direita mostra-se a área limpa e livre de equipamentos desnecessários.

Um outro passo importante nesta metodologia é a normalização, devendo existir lugares definidos para as ferramentas e equipamentos necessários às actividades diárias. Um exemplo de uma acção desse género é visível na Figura 44.



Figura 44 - Normalização dos lugares das ferramentas. À esquerda mostra-se a falta de local onde colocar as ferramentas. À direita mostram-se as ferramentas organizadas e arrumadas.

Por fim, fomentou-se a auto-disciplina de todos para que estas acções não caíam no vazio e se dê continuidade ao trabalho desenvolvido, dentro do espírito da filosofia *Kaizen*, de melhoria contínua. Nunca é de mais relembrar que a desorganização e sujidade tornam as tarefas mais complicadas de realizar e deterioram o ambiente de trabalho.

5. Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

Nos dias de hoje, a concorrência a nível empresarial é enorme e as pressões para a obtenção de bons resultados numa empresa como a GE são bastante grandes. A aplicação das técnicas de *Lean Manufacturing* é um factor fundamental para alcançar os patamares de exigência ao nível da produção, da qualidade e de serviço ao cliente, o que no fundo se resume a melhorar os processos e aumentar lucros. Baseado na eliminação do desperdício e na clara distinção das actividades que geram valor das que não o fazem, o *Lean Manufacturing* é aceite como um modelo de gestão a seguir na procura da excelência.

A palavra que melhor define a filosofia *Lean* é: acção. Não basta usar os conceitos e ferramentas de *Lean* no plano teórico, para melhorar é preciso mudar e experimentar; na realidade as coisas nunca são como no papel e só agindo e implementando se superam as dificuldades e se alcançam os objectivos.

Outro factor importante a ter em conta é o envolvimento das pessoas nos projectos desenvolvidos. A maior dificuldade na implementação de mudanças ao modo como as pessoas trabalham (muitas vezes há vários anos) é a natural resistência à novidade. Para combater isso, deve-se conversar com as pessoas, ouvir a sua opinião e incentivar a sua participação, até porque são elas que estão todos os dias “no terreno” e lidam com as mudanças implementadas.

Nos vários projectos de *Lean* desenvolvidos, o trabalho em equipa foi fundamental para a resolução de problemas. Este estágio esteve directamente relacionado com os estágios de outros colegas da Universidade do Minho, todos com projectos na área de *Lean*. Formou-se assim uma equipa de *Lean* que, apesar de cada um estar dedicado a áreas específicas, trabalhou sempre em conjunto para resolver os vários problemas que apareceram.

No caso particular deste projecto, definiram-se inicialmente os projectos a desenvolver, com objectivos bem definidos. Nesta fase, o VSM elaborado revelou ser uma óptima ferramenta para identificar os problemas existentes e as oportunidades de melhoria.

O primeiro projecto, o desenvolvimento de melhorias na apresentação de materiais passou por um trabalho prático na área do qual resultaram os alimentadores apresentados neste documento. Para além dos ganhos em termos de redução do *touch time*, conseguiu-se uma maior organização do posto de trabalho e controlo dos materiais. A implementação do *two-bin system* permite gerar sinais visuais da necessidade de reabastecimento e assim acabar com paragens por falta de material.

Relativamente ao segundo projecto abordado, a uniformização das máquinas garantiu meios para que as operações de *changeover* fossem melhoradas. Numa perspectiva de trabalhos futuros, deve-se evoluir no sentido de criar condições para que os próprios operadores possam efectuar a operação de *changeover*, deixando de ser necessário haver um afinador dedicado. Para isso devem-se simplificar as ferramentas móveis e eliminar de vez a necessidade de efectuar pequenos ajustes. O novo suporte de cobre desenvolvido foi um passo importante nesse sentido, para além das melhorias ergonómicas conseguidas.

O último projecto nesta área, o desenvolvimento do novo supermercado, segue na linha do que a empresa pretende para o futuro: a redução contínua do tamanho do supermercado e a melhoria do fluxo dos materiais desde a área de soldadura até à secção da embalagem, passando pelas linhas de montagem de ELCBs e pela área de testes. Este novo supermercado reduz o *stock* intermédio existente de 1,5 dias para 0.67 dias, o que representa uma diminuição de WIP de 55%. Para além disso consegue-se uma dinâmica diferente no funcionamento desta parte da fábrica e reduz-se o desperdício em movimentações de contentores.

Assim, futuramente, a área de soldadura deverá funcionar no sistema de *one piece flow*, em que os conjuntos de soldadura são produzidos peça a peça e transferidos directamente para as linhas de montagem. As vantagens deste método de produção são várias e justificam trabalhar-se nesse sentido:

- Torna a detecção de defeitos mais rápida, o que impede a produção de grandes lotes de peças defeituosas;
- O *lead time* de produção é largamente diminuído;
- Reduz os custos em materiais e os custos associados a *stocks*;
- Os equipamentos e bancadas de trabalho são reduzidos em tamanho, para os estritamente necessários.

Associado a isto e seguindo a visão da empresa no sentido de simplificar o modo de construção e funcionamento dos ELCBs, torna-se possível uniformizar as operações de soldadura, normalizando os JIGs e eléctrodos utilizados actualmente. Isto permitirá reduzir a quantidade de *changeovers*, pois mais operações podem ser feitas na mesma máquina e com as mesmas ferramentas, o que aumenta a flexibilidade e a capacidade desta área.

As acções de 5s desenvolvidas permitiram perceber o quão importante é ter as áreas de trabalho organizadas, limpas e com cada coisa no seu lugar. Os resultados alcançados na área da produção de plásticos servirão de exemplo para as restantes áreas da fábrica, às quais serão estendidas estas acções. Esta filosofia, quando aplicada correctamente, fomenta a criação de hábitos e rotinas de todas as pessoas para que se mantenha um ambiente de trabalho agradável, saudável e seguro. O resultado disso será uma maior qualidade dos produtos e consequente satisfação do cliente, o que é bom para a empresa e se reflecte de volta nos trabalhadores.

Para que as pessoas não se acomodem com os problemas que existem e persistem, é necessário que haja alguém que as incentive e promova o sentimento *Kaizen* nelas, de melhoria contínua e da procura pela excelência no que fazem, o que revela importância do *Lean Manufacturing* nas empresas actualmente. Basta notar que, não há muito tempo atrás, uma empresa ter um departamento de *Lean* era considerado um desperdício de tempo e dinheiro, muito ao contrário do que acontece nos dias de hoje.

Referências

Martins, P. G; Laugeni, F. P. (2005), “Administração da Produção” São Paulo, Editora Saraiva.

Pinto, João Paulo (2009), “Pensamento Lean – A Filosofia das Organizações Vencedoras”, LIDEL – Edições técnicas, Lisboa.

Shingo, Shigeo (1983), “A Revolution in Manufacturing: The SMED System”, Productivity Press, Portland.

Ge Power Controls (2004), “Quem Somos Porto: Documento Interno”.

Villiers, François (2008), “The Illustrated Lean Cookbook”.

Ohno, Taiichi (1988), “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production”, Productivity Press; 1st Edition, March 1988.

Lieshout, Laurens van (2007), “Two Bin principle. Description of the Two Bin process.”, Junho 2007, último acesso Maio 2010.

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Two_Bin_principle.png

Nogueira, Amarildo (2007), “Classificação ABC para Melhor Gestão do Estoque”, 4 Abril 2007, último acesso Maio 2010.

http://www.ogerente.com.br/novo/colunas_ler.php?canal=11&canallocal=41&canalsub2=132&id=180

Costa, João (2009) “Value Stream Mapping (V.S.M.)”, último acesso Junho 2010

http://www.atec.pt/Imgs/content/article_5260/apresvsm.pdf

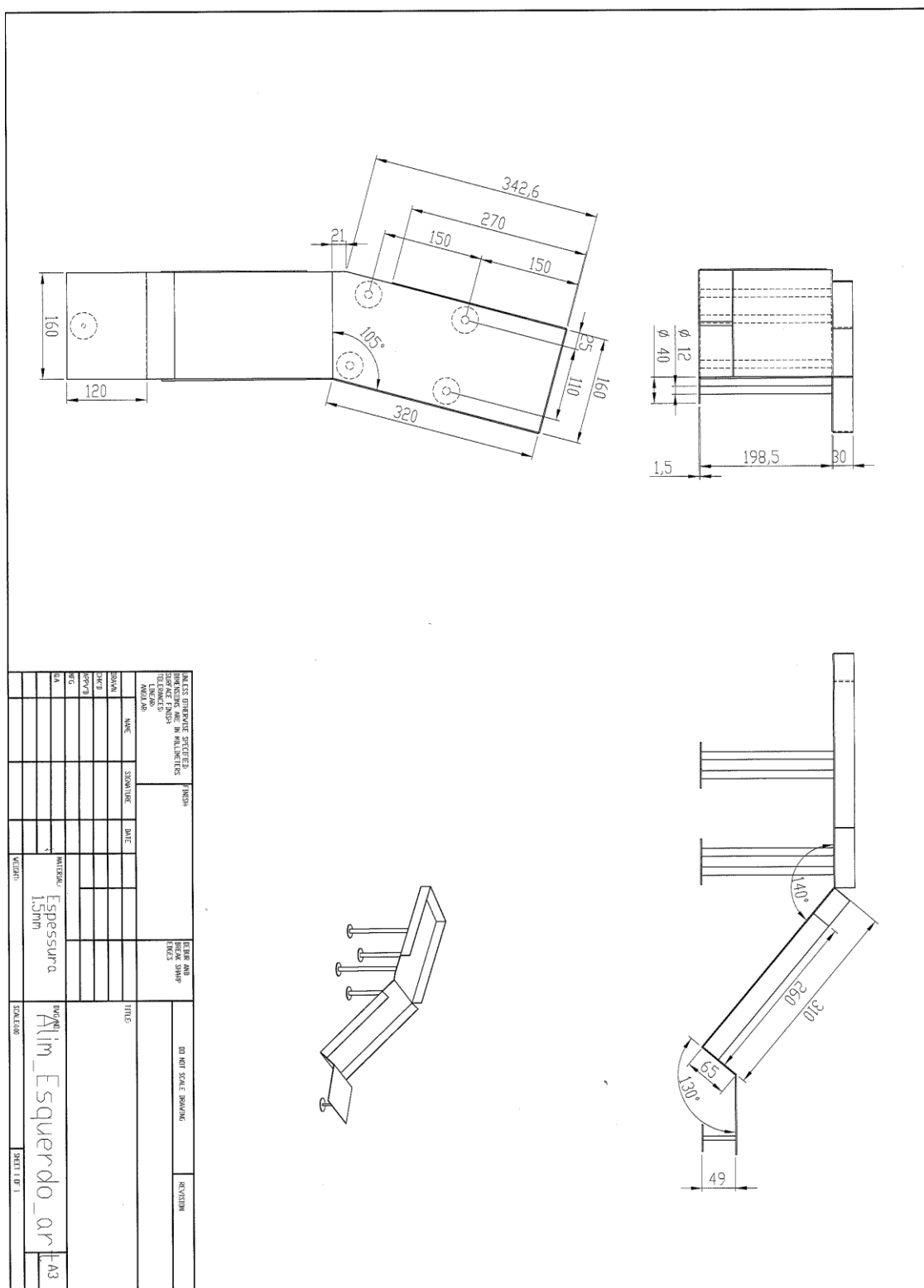
Rother, Mike; Shook, John (2003) “Learning to See – Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda”, Lean Enterprise Institute; v1.3

Neese, Martin (2007), “Driving Lean through the Visual Factory”, Circuits Assembly, Setembro 2007

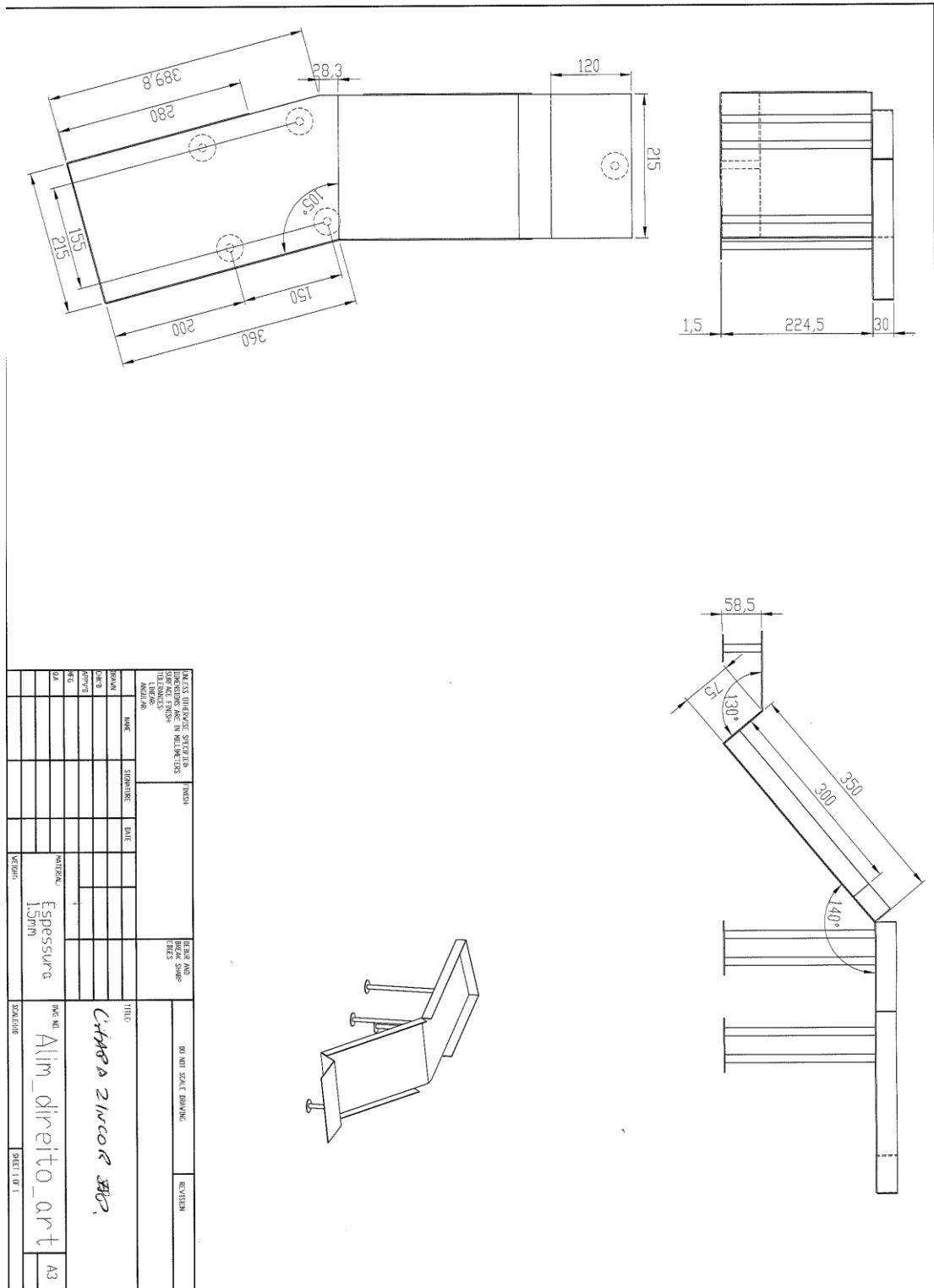
Womack, James; Jones, Daniel (2003) “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated”, Free Press; 2nd edition

ANEXOS A

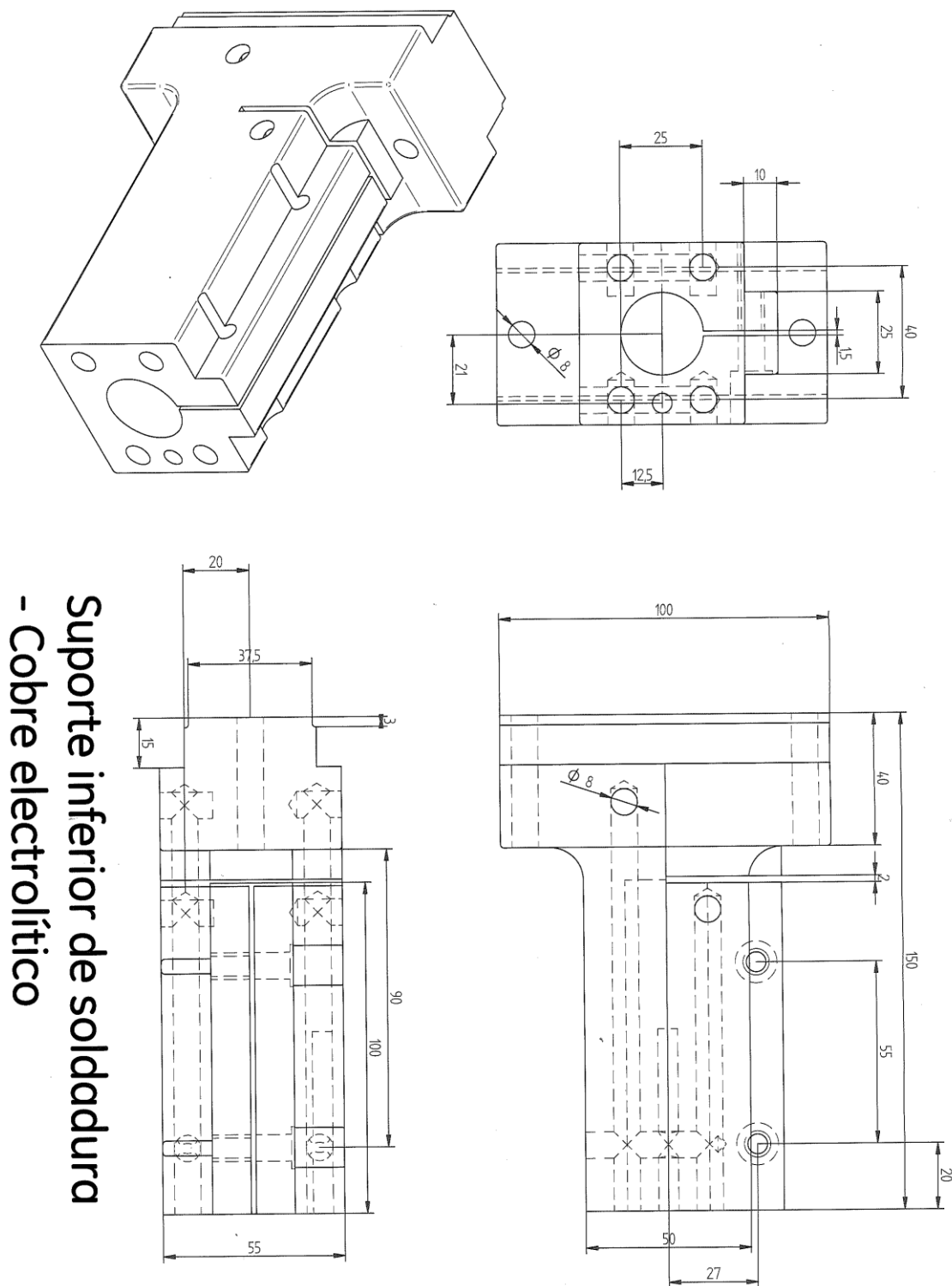
A.2: Desenho de definição dos alimentadores



A.2 (cont.): Desenho de definição dos alimentadores



A.3: Desenho de definição do suporte inferior de cobre



A.4: Conjuntos de soldadura para cada modelo de ELCB e respectivas operações e normas

Normas Aplicáveis Área da Soldadura																						
ELCB	Subconjuntos de Soldadura	Soldar bobine à trança	Passar tranças pelo núcleo e soldar 2 bornes curtos	Soldar pista d'arco à trança	Soldar bimetálica à trança d'arco	Soldar bimetálica à trança	Soldar Shunt	Soldar contacto móvel à trança	Tirar rebarras calicate, Montar união bimetálica no Jig	Soldar borne curto	Soldar borne comprido à trança	Soldar borne comprido (op. C/ o conjunto)	Tirar rebarras calicate, Montar união bimetálica no Jig	Passar tranças pelo núcleo e soldar 1 borne	Unir o conj.	Retirar rebarras calicate, Montar união de bimetálica no Jig	Soldar 2 bornes (lad. Esq.)	Soldar trança ao borne (2)	Soldar PLL-100 ao 6AG c/ PKM100			
Cod. SAP	Cod. Local	Cod. SAP	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma	Norma		
40139473	2P5AC-L	40140024	2,5	6,8	2,9	2,5	3,1	2,9	2,9	2,5			2,0									
40139466	2P1030AC-L	40140061			2,9					2,5												
		40158503	2,5	6,8	2,9	2,5	3,1	2,9	2,9	5,0	2,5											
		40152885			3,5				2,9		2,5											
40139467	2P1030ND-L	40140032	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9	5,0	2,5											
40139468	2P1545AC-L	40152885			3,5			2,9		2,5												
		40158504	2,5	6,8	3,3	2,5	3,2	3,2	2,9		3,0											
		40140071			3,5				2,9		2,5											
40139469	2P1545S-L	40158506	2,5	6,8	3,3	2,5	3,2	3,2	2,9		3,0		2,0									
40139470	2P3060AC-L	40140071			3,3	2,5		2,9		2,5												
		40152885			3,5				2,9		2,5											
		40158505	2,5	6,8	2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		2,0									
40139472	2P3060S-L	40140074	2,5	6,8	3,5			2,9		2,5												
		40152883			3,5				2,9		2,5											
		40140033	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		2,0									
40139474	2P6090AC-L	40152883			3,5			2,9		2,5												
40139475	2P6090S-L	40158513	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,4	3,2			10,5	5,7	15,0	11,0				
		40140073			2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		2,5		13,0									
		40158510	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		2,5		3,4	3,2		10,5	5,7	10,5	11,0			
40139882	4P1030AC-L	40140077	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9				13,0									
40139884	4P1030S-L	40158511	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		3,5	16,8								
		40152884			4,4				3,2		3,5											
		40140076	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		3,5	16,8								
40139883	4P1030ND-L	40152884			4,4			3,2		3,5												
40139885	4P3060AC-L	40140034	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		3,5									
		40140076			2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		3,5									
		40152886	2,5		4,4				3,2		2,5											
40139886	4P3060S-L	40152886	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		2,0	15,8								
40139887	4P3060S-L	40140078			4,0			2,9		2,5												
40139886	4P3060ND-L	40140036	2,5					2,9		2,5												
		40140035	2,5		2,9	2,5	3,1	2,9	2,9		3,0		2,0									
		40152886			4,0				2,9		2,5											
LEGENDA:	Conjuntos de magnéticos																					
	Conjuntos de elétricos																					
	Conjuntos de neutros																					

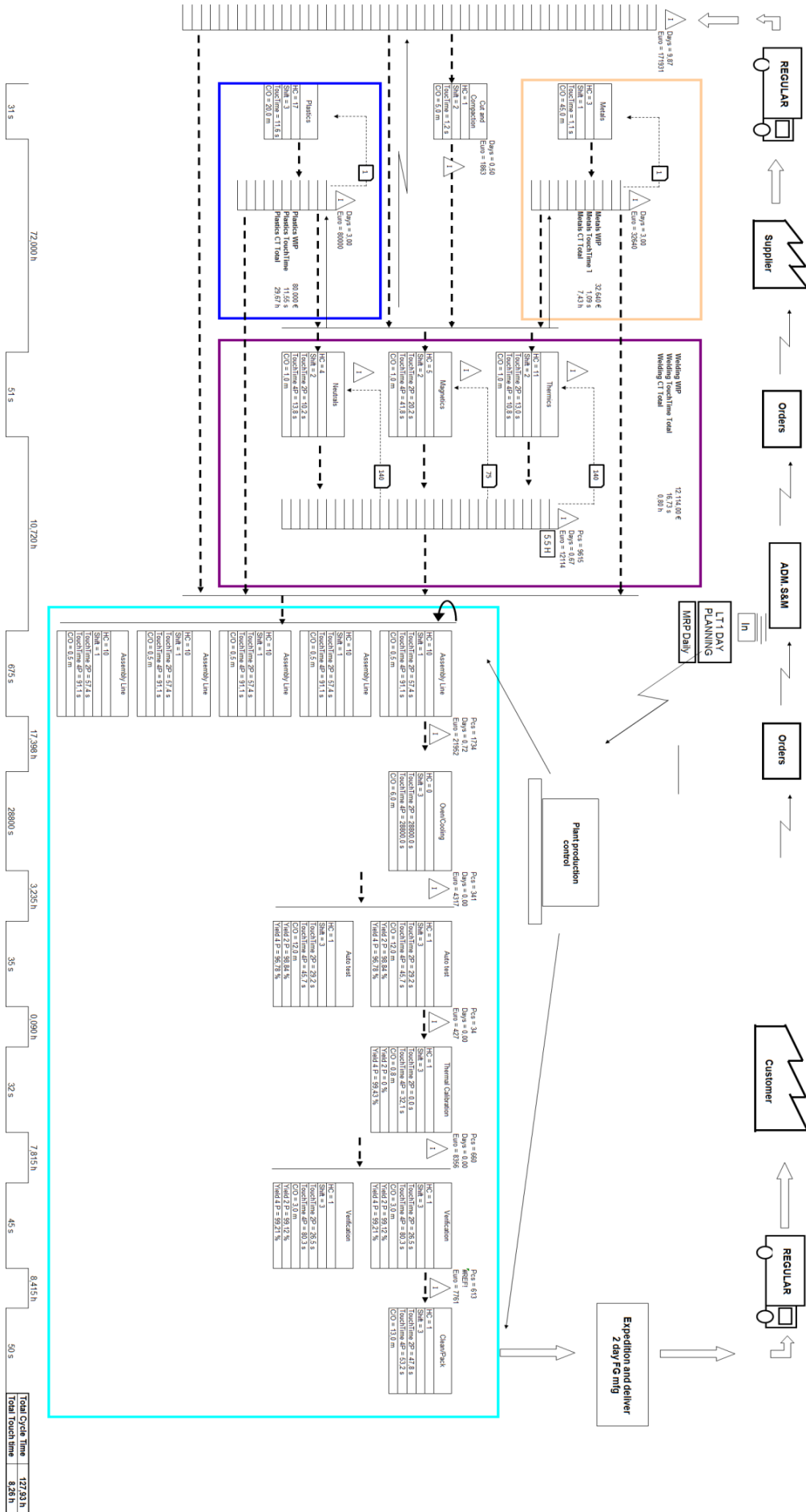
LEGENDA:

Conjuntos de magnéticos

Conjuntos de bornes

Conjuntos de neutros

A.5: VSM – Junho 2010



A.6: Documento para avaliação de inspecções 5s

Descrição do Item		Formulário de avaliação dos 5 S's	Pontuação do Item (0 até 5)	O que é que a equipa vai fazer para melhorar para o próximo nível?
1	Remover itens desnecessários	Todo o Wip, ferramentas, equipamentos, armários, carrinhos, etc que não são necessários para a execução de operações serão removidos, apenas ficam nos postos de Trabalho ferramentas e produtos dedicados ao posto de trabalho		
2	Armazenamento de equipamento de limpeza	Todos os equipamentos de limpeza são ordenados de maneira limpa, ordeira, acessível e prontamente disponíveis quando necessários		
3	Limpeza da Área	Todos as áreas estão limpas e livres de detritos, óleo e sujidade. A limpeza das áreas é feita diariamente e existe um calendário ou uma checklist presente nesse local.		
4	Quadro de Boletins	Todos os painéis estão dispostos de forma clara e de maneira ordenada. Nenhum desses quadros está desatualizado, rasgado ou sujo.		
5	Dispositivos de emergência	As manguelinas de incêndio e equipamentos de emergência estão desobstruídas e armazenados em local destaque. Zonas de paragem material estão marcados ou codificados por cores.		
6	Itens na Área	WIP , ferramentas e outros materiais não estão colocados directamente no chão. Grandes itens como caixas de lote são colocados no chão claramente identificadas e com áreas marcadas.		
7	Marcação de corredores e passagens	Corredores e passagens estão claramente marcados e podem ser identificados de relance, as linhas são rectas e com ângulos à direita, não estando lascados ou com a pintura desgastada.		
8	Manutenção de corredores e passagens	Corredores estão sempre livres de materiais e de obstruções, nada está colocado nas linhas, e os objectos estão sempre em lugares perpendiculares aos corredores		
9	Armazenamento e Arranjo	No amazenamento de caixas, recipientes e material estão sempre limpos e nos locais certos. Quando os itens estão empilhados, nunca se encontram tortos ou em risco de cair.		
10	Pintura dos equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos estão bem pintados e identificados.		

Sub Total Pag.1

A.6 (cont): Documento para avaliação de inspecções 5s

Descrição do Item		Formulário de avaliação dos 5 S's	Pontuação do Item (0 até 5)	O que é que a equipa vai fazer para melhorar para o próximo nível?
11	Limpeza dos equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos são mantidas limpas através das rotinas diárias implementadas		
12	Equipamento de Manutenção	Controlos das máquinas estão devidamente identificados e pontos críticos de manutenção claramente marcados. Checklists dos equipamentos são mantidas em bom estado.		
13	Armazenamento de Equipamentos	Não existe nada em cima das máquinas ou armários. Não existem equipamentos apoiados nas paredes ou colunas. São usados recipientes para aparas ou óleos.		
14	Armazenamento de Documentos	Apenas documentos necessários à operação são mantidos nos postos de trabalho e estão em bom estado		
15	Controlo de Documentos	Todos os documentos estão identificados em relação ao seu conteúdo e ao seu responsável. Documentos obsoletos ou não utilizados são removidos.		
16	Armazenamento de Ferramentas e Fixadores	Ferramentas, medidores e fixadores estão devidamente armazenados, limpos e livres de risco de dano.		
17	Disposição de Ferramentas e Fixadores	Ferramentas, medidores e fixadores estão facilmente acessíveis e disponíveis para setups		
18	Prateleiras e Bancadas	Prateleiras e bancadas de trabalho estão bem divididas e claramente identificadas.		
19	Estado das bancadas e secretárias	Bancadas de trabalho e secretárias são mantidas livres de objectos desnecessários. Ferramentas e fixadores estão limpos e colocados nos locais adequados.		
20	Controlo e manutenção dos 5s	Existe a manutenção e controlo do sistema implementado. É da responsabilidade de toda a gente manter este sistema e ambiente.		
Sub Total Pag.2				

Sub Total Pag.1 + Sub Total Pag.2 =
Resultado final = x 1/20

A.7: Documento para registar a evolução das acções 5s

5 S's	Escolher	Arrumar	Limpar	Standardizar	Auto-Disciplina
Nível 5	Qualquer artigo não requerido de imediato é removido do posto de trabalho 25% 50% 100% 75%	Disposição de artigos e montagens documentada, padronizada e seguida rigorosamente 25% 50% 100% 75%	Ações contra anomalias tomadas de imediato. Área mantida ordenada continuamente 25% 50% 100% 75%	Artigos fáceis de alcançar por qualquer pessoa e devidamente marcados 25% 50% 100% 75%	Ações tomadas de imediato contra anomalias na montagem ou produção 25% 50% 100% 75%
Nível 4	Mobiliário não utilizado identificado e removido da área de trabalho 25% 50% 100% 75%	Procedimento standard estabelecido, actualizado, limpo, visível e seguido. 25% 50% 100% 75%	Inspeção diária de limpeza a equipamentos e ferramentas 25% 50% 100% 75%	Quantidades standard de artigos estabelecidas; Quadros sombra utilizados 25% 50% 100% 75%	Trabalhadores da área assumem responsabilidade; Inspeções diárias pelo chefe da área; Standards revisitos regularmente e actualizados 25% 50% 100% 75%
Nível 3	Artigos desnecessários removidos da fábrica 25% 50% 100% 75%	Etiquetas de Artigos com quantidades definidas standardizadas 25% 50% 100% 75%	Controlo visual estabelecido e áreas de trabalho bem marcadas 25% 50% 100% 75%	Artigos necessários com localização própria e assinalada 25% 50% 100% 75%	Inspeções periódicas pelo chefe da área 25% 50% 100% 75%
Nível 2	Artigos necessários e desnecessários identificados e separados 25% 50% 100% 75%	Procedimentos documentados mas nem sempre seguidos 25% 50% 100% 75%	Chefe de equipa e área identificado e responsabilidades documentadas 25% 50% 100% 75%	Artigos necessários armazenados com segurança e organização 25% 50% 100% 75%	Inspeções periódicas pelo chefe da área 25% 50% 100% 75%
Nível 1	Artigos necessários e desnecessários misturados na área de trabalho 25% 50% 100% 75%	Sem procedimentos no local de trabalho 25% 50% 100% 75%	Área de trabalho descuidada, sem controlo visual 25% 50% 100% 75%	Artigos dispostos ao acaso pela área de trabalho 25% 50% 100% 75%	Área sem inspeção, standardização não estabelecida 25% 50% 100% 75%

Evolução

Passos de Implementação

A.8: Documento de responsabilização pela limpeza; *red tag*

Responsáveis de 5 S's - Área Plásticos						
Dia	Responsável	Área de máquinas de injeção	Área máquinas de compressão	Supermercado	Mesa de Computador e documentos	Corredores
Segunda	Turno A	X				
	Turno B		X			
	Turno C			X	X	X
Terça	Turno A		X			
	Turno B			X	X	X
	Turno C	X				
Quarta	Turno A			X	X	X
	Turno B	X				
	Turno C		X			
Quinta	Turno A	X				
	Turno B		X			
	Turno C			X	X	X
Sexta	Turno A		X			
	Turno B			X	X	X
	Turno C	X				

RED TAG		
Identificação		
Nome do Item	Etiqueta #	Etiquetado por:
	Data da Etiqueta	
Prioridade <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> ALTA <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> MÉDIA <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> BAIXA </div>		
Motivo		
Nova Localização Requerida		
Ação		
Descrição da Acção		Aprovado Por
		Data
Nova Localização	Nova Célula/Área	

ANEXOS B

B.1: Tabela na origem da análise de Pareto

MODELO	Código SAP	QTD PROD	%	% Acumulada
2P1545S	40139469	49460	28%	28%
2P3060S	40139472	40510	23%	51%
4P1030S	40139984	14862	8%	59%
2P3060AC	40139470	14372	8%	67%
4P3060S	40139987	13539	8%	75%
2P1545AC	40139468	12559	7%	82%
4P1030AC	40139982	11347	6%	88%
4P3060AC	40139985	9200	5%	93%
2P6090S	40139475	5414	3%	96%
2P6090AC	40139474	2393	1%	98%
2P3060ND	40139471	1512	1%	99%
4P1030ND	40139983	1373	1%	99%
2P1030AC	40139466	1020	1%	100%

B.2: Produção de conjuntos de magnéticos de soldadura**PRODUÇÃO DE MAGNÉTICOS**

					Horas	Produção	Prod. Acum.
Paragem (min)	Polos	Norma	Activ.	Operários	8	0	0
0	2	11,2	140	3	8,5	188	188
0	2	11,2	140	3	9	188	376
0	2	11,2	140	3	9,5	188	564
0	2	11,2	140	3	10	188	752
10	4	25,8	140	3	10,5	54	806
0	4	25,8	140	3	11	81	887
0	4	25,8	140	3	11,5	81	968
0	4	25,8	140	3	12	81	1049
30	4	25,8	140	3	12,5	0	1049
10	4	25,8	140	3	13	54	1103
0	4	25,8	140	3	13,5	81	1184
0	4	25,8	140	3	14	81	1265
0	2	11,2	140	3	14,5	188	1453
10	2	11,2	140	3	15	125	1578
0	2	11,2	140	3	15,5	188	1766
0	2	11,2	140	3	16	188	1954
10	2	11,2	140	3	16,5	125	2079
0	2	11,2	140	3	17	188	2267
0	2	11,2	140	2	17,5	125	2392
0	2	11,2	140	2	18	125	2517
0	2	11,2	140	2	18,5	125	2642
10	2	11,2	140	2	19	83	2725
0	2	11,2	140	2	19,5	125	2850
0	2	11,2	140	2	20	125	2975
0	4	25,8	140	2	20,5	54	3029
30	4	25,8	140	2	21	0	3029
10	4	25,8	140	2	21,5	36	3065
0	4	25,8	140	2	22	54	3119
0	4	25,8	140	2	22,5	54	3173
0	4	25,8	140	2	23	54	3227
10	4	25,8	140	2	23,5	36	3263
0	4	25,8	140	2	24	54	3317

B.2 (cont.): Consumo de conjuntos de magnéticos de soldadura**CONSUMO DE MAGNÉTICOS**

	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s
NORMA 100	62	60	39	35

Actividade	130%
-------------------	------

Horas	Consumo por linha				SUBCONT.	CONSUMO TOTAL
	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s		
8	0	0	0	0		0
8,5	40	39	25	23		127
9	40	39	25	23	1150	1277
9,5	40	39	25	23	0	127
10	40	39	25	23	0	127
10,5	13	13	8	8	0	42
11	40	39	25	23	0	127
11,5	40	39	25	23	0	127
12	40	39	25	23	0	127
12,5	40	39	25	23	0	127
13	0	0	0	0	0	0
13,5	40	39	25	23	0	127
14	40	39	25	23	0	127
14,5	40	39	25	23	0	127
15	40	39	25	23	0	127
15,5	40	39	25	23	0	127
16	13	13	8	8	0	42
16,5	40	39	25	23	0	127
17	40	39	25	23		127
TOTAL	626	611	391	361	1150	

B.2 (cont.): Variação do stock de conjuntos de magnéticos de soldadura**VARIAÇÃO DO STOCK DE MAGNÉTICOS**

STOCK INICIAL	400	400	200	200
----------------------	-----	-----	-----	-----

Horas	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s	STOCK SM	STOCK SC	STOCK TOTAL
8	200	200	100	100	600	1252	1747
8,5	388	200	100	100	788	1252	1935
9	576	200	100	100	976	1252	2123
9,5	576	388	100	100	1164	0	1164
10	576	576	100	100	1352	0	1352
10,5	576	576	54	100	1306	0	1306
11	376	376	135	0	887	0	887
11,5	376	376	216	0	968	0	968
12	376	376	216	81	1049	0	1049
12,5	376	376	116	81	949	0	949
13	376	376	116	135	1003	0	1003
13,5	376	376	116	116	984	0	984
14	176	176	116	197	665	0	665
14,5	176	176	116	197	665	188	853
15	176	176	16	197	565	313	878
15,5	176	176	16	97	465	501	966
16	176	176	16	97	465	689	1154
16,5	176	176	16	97	465	814	1279
17	176	176	16	97	465	1002	1467
17,5	176	176	16	97	465	1127	1592
18	176	176	16	97	465	1252	1717
18,5	301	176	16	97	590	1252	1842
19	384	176	16	97	673	1252	1925
19,5	405	280	16	97	798	1252	2050
20	405	405	16	97	923	1252	2175
20,5	405	405	70	97	977	1252	2229
21	405	405	70	97	977	1252	2229
21,5	405	405	106	97	1013	1252	2265
22	405	405	160	97	1067	1252	2319
22,5	405	405	214	97	1121	1252	2373
23	405	405	214	151	1175	1252	2427
23,5	405	405	214	187	1211	1252	2463
24	405	405	214	241	1265	1252	2517

	Entrada no SM
	Saída do SM

B.3: Produção de conjuntos de neutros de soldadura**PRODUÇÃO DE NEUTROS**

					Horas	Produção	Prod. Acum.
Paragem (min)	Polos	Norma	Activ.	Operários	8	0	0
0	2	8,9	140	2	8,5	157	157
0	2	8,9	140	2	9	157	314
0	2	8,9	140	2	9,5	157	471
0	4	10,25	140	2	10	137	608
10	4	10,25	140	2	10,5	91	699
0	4	10,25	140	2	11	137	836
0	4	10,25	140	2	11,5	137	973
0	4	10,25	140	2	12	137	1110
30	2	8,9	140	2	12,5	0	1110
10	2	8,9	140	2	13	105	1215
0	2	8,9	140	2	13,5	157	1372
0	2	8,9	140	2	14	157	1529
0	2	8,9	140	2	14,5	157	1686
10	2	8,9	140	2	15	105	1791
0	2	8,9	140	2	15,5	157	1948
0	2	8,9	140	2	16	157	2105
10	2	8,9	140	2	16,5	105	2210
0	2	8,9	140	1	17	79	2289
0	2	8,9	140	1	17,5	79	2368
0	2	8,9	140	1	18	79	2447
0	2	8,9	140	1	18,5	79	2526
10	2	8,9	140	1	19	52	2578
0	2	8,9	140	1	19,5	79	2657
0	4	10,25	140	1	20	68	2725
0	4	10,25	140	1	20,5	68	2793
30	4	10,25	140	1	21	0	2793
10	4	10,25	140	1	21,5	46	2839
0	4	10,25	140	1	22	68	2907
0	4	10,25	140	1	22,5	68	2975
0	4	10,25	140	1	23	68	3043
10	4	10,25	140	1	23,5	46	3089
0	4	10,25	140	1	24	68	3157

B.3 (cont.): Consumo de conjuntos de neutros de soldadura**CONSUMO DE NEUTROS**

	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s
NORMA 100	62	60	39	35

Actividade	130%
-------------------	-------------

Horas	Consumo por linha				SUBCONT.	CONSUMO TOTAL
	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s		
8	0	0	0	0		0
8,5	40	39	25	23		127
9	40	39	25	23	1150	1277
9,5	40	39	25	23	0	127
10	40	39	25	23	0	127
10,5	13	13	8	8	0	42
11	40	39	25	23	0	127
11,5	40	39	25	23	0	127
12	40	39	25	23	0	127
12,5	40	39	25	23	0	127
13	0	0	0	0	0	0
13,5	40	39	25	23	0	127
14	40	39	25	23	0	127
14,5	40	39	25	23	0	127
15	40	39	25	23	0	127
15,5	40	39	25	23	0	127
16	13	13	8	8	0	42
16,5	40	39	25	23	0	127
17	40	39	25	23	0	127
TOTAL	626	611	391	361	1150	

B.3 (cont.): Variação do stock de conjuntos de neutros de soldadura**VARIAÇÃO DO STOCK DE NEUTROS**

STOCK INICIAL	400	400	200	200
----------------------	-----	-----	-----	-----

Horas	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s	STOCK SM	STOCK SC	STOCK TOTAL
8	200	200	0	0	400	1150	1550
8,5	357	200	0	0	557	1150	1707
9	409	305	0	0	714	1150	1864
9,5	409	462	0	0	871	0	871
10	409	462	137	0	1008	0	1008
10,5	409	462	228	0	1099	0	1099
11	209	262	228	137	836	0	836
11,5	209	262	228	274	973	0	973
12	209	262	228	274	973	137	1110
12,5	209	262	28	274	773	137	910
13	209	262	28	274	773	242	1015
13,5	209	262	28	74	573	399	972
14	9	62	28	74	173	556	729
14,5	9	62	28	74	173	713	886
15	9	62	28	74	173	818	991
15,5	9	62	28	74	173	975	1148
16	9	62	28	74	173	1132	1305
16,5	97	62	28	74	261	1150	1411
17	176	62	28	74	340	1150	1490
17,5	255	62	28	74	419	1150	1569
18	334	62	28	74	498	1150	1648
18,5	400	71	28	74	573	1150	1723
19	400	150	28	74	652	1150	1802
19,5	400	218	28	74	720	1150	1870
20	400	286	28	74	788	1150	1938
20,5	400	286	28	74	788	1150	1938
21	400	332	28	74	834	1150	1984
21,5	400	400	28	74	902	1150	2052
22	400	400	96	74	970	1150	2120
22,5	400	400	164	74	1038	1150	2188
23	400	400	210	74	1084	1150	2234
23,5	400	400	210	120	1130	1150	2280
24	400	400	210	227	1237	1150	2387

	Entrada no SM
	Saída do SM

B.4: Produção de conjuntos de térmicos de soldadura**PRODUÇÃO DE TÉRMICOS**

					Horas	Produção	Prod. Acum.
Paragem (min)	Polos	Norma	Activ.	Operários	8	0	0
0	4	22,7	140	6	8,5	185	185
0	4	22,7	140	6	9	185	370
10	4	22,7	140	6	9,5	123	493
0	4	22,7	140	6	10	185	678
20	2	18,9	140	6	10,5	74	752
0	2	18,9	140	6	11	222	974
10	2	18,9	140	6	11,5	148	1122
0	2	18,9	140	6	12	222	1344
30	2	18,9	140	6	12,5	0	1344
10	2	18,9	140	6	13	148	1492
0	2	18,9	140	6	13,5	222	1714
10	2	18,9	140	6	14	148	1862
0	2	18,9	140	6	14,5	222	2084
0	2	18,9	140	6	15	222	2306
0	2	18,9	140	6	15,5	222	2528
10	2	18,9	140	6	16	148	2676
0	2	18,9	140	5	16,5	185	2861
0	2	18,9	140	5	17	185	3046
0	2	18,9	140	5	17,5	185	3231
10	4	22,7	140	5	18	103	3334
0	4	22,7	140	5	18,5	154	3488
10	4	22,7	140	5	19	103	3591
0	4	22,7	140	5	19,5	154	3745
10	4	22,7	140	5	20	103	3848
0	4	22,7	140	5	20,5	154	4002
30	4	22,7	140	5	21	0	4002
10	4	22,7	140	5	21,5	103	4105
0	4	22,7	140	5	22	154	4259
0	4	22,7	140	5	22,5	154	4413
0	4	22,7	140	5	23	154	4567
10	4	22,7	140	5	23,5	103	4670
0	4	22,7	140	5	24	154	4824

B.4 (cont.): Consumo de conjuntos de térmicos de soldadura**CONSUMO DE TÉRMICOS**

	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s
Norma 100	62	60	39	35

Actividade	130%
-------------------	-------------

Horas	Consumo por linha				SUBCONT.	CONSUMO TOTAL
	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s		
8	0	0	0	0		0
8,5	40	39	76	68		223
9	40	39	76	68	1150	1373
9,5	40	39	76	68	0	223
10	40	39	76	68	0	223
10,5	13	13	25	23	0	74
11	40	39	76	68	0	223
11,5	40	39	76	68	0	223
12	40	39	76	68	0	223
12,5	40	39	76	68	0	223
13	0	0	0	0	0	0
13,5	40	39	76	68	0	223
14	40	39	76	68	0	223
14,5	40	39	76	68	0	223
15	40	39	76	68	0	223
15,5	40	39	76	68	0	223
16	13	13	25	23	0	74
16,5	40	39	76	68	0	223
17	40	39	76	68	0	223
TOTAL	626	611	1190	1066	1150	

B.4 (cont.): Consumo de conjuntos de térmicos de soldadura**VARIAÇÃO DO STOCK DE TÉRMICOS**

STOCK INICIAL	560	560	840	840
----------------------	-----	-----	-----	-----

Horas	2P1545s	2P3060s	4P1030s	4P3060s	STOCK SM	STOCK SC	STOCK TOTAL
8	280	280	420	420	1680	1150	2827
8,5	280	280	605	420	1865	1150	3012
9	280	280	790	420	2050	1150	3197
9,5	280	280	790	543	2173	0	2173
10	280	280	790	728	2078	0	2078
10,5	280	354	790	728	1872	0	1872
11	280	576	790	728	2094	0	2094
11,5	280	724	370	308	2242	0	2242
12	0	612	370	308	1830	0	1830
12,5	0	612	370	308	1270	0	1270
13	148	612	370	308	1418	0	1418
13,5	370	612	370	308	1640	0	1640
14	518	612	370	308	1788	0	1788
14,5	629	612	90	308	1619	0	1619
15	629	612	90	28	1619	222	1841
15,5	629	612	90	28	1339	444	1783
16	629	612	90	28	1339	592	1931
16,5	563	561	90	28	1339	777	2116
17	563	561	20	28	1339	962	2301
17,5	563	561	122	28	1339	1150	2486
18	563	561	225	28	1442	1150	2589
18,5	563	561	379	28	1596	1150	2743
19	563	561	482	28	1699	1150	2846
19,5	563	561	636	28	1853	1150	3000
20	563	561	713	28	1956	1150	3103
20,5	563	561	867	28	2110	1150	3257
21	563	561	867	28	2110	1150	3257
21,5	563	561	867	131	2213	1150	3360
22	563	561	867	285	2367	1150	3514
22,5	563	561	867	439	2521	1150	3668
23	563	561	867	593	2675	1150	3822
23,5	563	561	867	696	2778	1150	3925
24	563	561	867	850	2932	1150	4079

	Entrada no SM
	Saída do SM